



TUGAS AKHIR - TF 141581

***ANALISIS RELIABILITY DAN SAFETY INTEGRITY
LEVEL (SIL) PADA SYNTHESIS GAS COMPRESSOR
103-J DI PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK***

Angela Indirarosi Widariono
NRP 2412100 104

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT.
NIP. 19540406 198103 1 003



FINAL PROJECT- TF 141581

**ANALYSIS RELIABILITY AND SAFETY INTEGRITY
LEVEL IN SYNTHESIS GAS COMPRESSOR 103-J AT
PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK**

Angela Indirarosi Widariono
NRP 2412100 104

Supervisor
Ir. Ya'umar, MT.
NIP. 19540406 198103 1 003

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

**ANALISIS RELIABILITY DAN SAFETY INTEGRITY
LEVEL(SIL) PADA SYNTHESIS GAS COMPRESSOR 103-J
DI PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

OLEH :

Angela Indirarosi Widariono
NRP. 2412100104

Surabaya, Januari 2016
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing,


Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS


Agus Muhamad Hafza, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

**ANALISIS RELIABILITY DAN SAFETY INTEGRITY
LEVEL(SIL) PADA SYNTHESIS GAS COMPRESSOR 103-J
DI PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANGELA INDIRA ROSI WIDARIONO
Nrp. 2412 100 104

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Ya'umar, MT (Pembimbing)
2. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D (Ketua Penguji)
3. Ir. Syamsul Arifin, MT (Penguji I)
4. Ir. Tutug Dhanardono, MT (Penguji II)
5. Herry Sufyan Hadi, ST, MT (Penguji III)

SURABAYA
Januari, 2016

ANALISIS *RELIABILITY* DAN *SAFETY INTEGRITY* LEVEL(SIL) PADA *SYNTHESIS GAS COMPRESSOR* 103-J DI PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK

Nama Mahasiswa : Angela Indirarosi Widariono
NRP : 2412100104
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ya'umar, MT.

ABSTRAK

Salah satu unit yang berperan penting dalam pembentukan amonia di pabrik I PT Petrokomia Gresik adalah *Syn Gas Compressor* 103-J. Unit ini telah beroperasi sejak tahun 1994. *Synthesis Gas Compressor* 103-J memiliki fungsi untuk mengkompresi gas keluaran dari *methanator* agar berubah menjadi *ammonia* sebelum masuk ke unit reaktor. Apabila dari komponen-komponen pengendalian mengalami kerusakan, maka akan mengakibatkan kurang optimalnya kerja dari *syn gas compressor*. Oleh karena itu, diperlukan analisis *reliability* dan SIL pada BPCS yang terpasang pada *Syn Gas Compressor* 103-J. Analisis *reliability* dilakukan dengan metode kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif dilakukan dengan metode RBD untuk mengetahui *reliability* dan *availability syn gas compressor* 103-J. Analisa kualitatif dilakukan dengan metode FTA untuk mengetahui *basic event* yang dapat menyebabkan 103-J gagal. Berdasarkan hasil analisa, *syn gas compressor* memiliki *availability* yang tinggi yaitu 99,96%. Komponen yang membutuhkan *preventive maintenance* adalah komponen dengan laju kegagalan IFR/DFR, yaitu *governor* 103-J, turbin 103-JT dan kompresor 103-J. *Syn gas compressor* 103-J memiliki SIL 0 dengan PFD 0,16271312 untuk 720 jam dan 0,973779 untuk 4320 jam. Namun SIL dapat meningkat menjad SIL 1 dengan merubah laju kegagalan (λ) dan merubah arsitektur sistem menjadi arsitektur 1002.

Kata Kunci : *Synthesis Gas Compressor* 103-J, *reliability*, *availability*, SIL.

ANALYSIS RELIABILITY AND SAFETY INTEGRITY LEVEL IN SYNTHESIS GAS COMPRESSOR 103-J AT PABRIK I PT PETROKIMIA GRESIK

Name of Student : Angela Indirarosi Widariono
NRP : 2412100104
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor : Ir. Ya'umar, MT.

ABSTRACT

One of the most important unit to form ammonia at Pabrik I PT Petrokimia Gresik is synthesis gas compressor 103-J. This unit is already operate since 1994. Synthesis gas compressor 103-J used to compressed gas from methanator in order to become ammonia before entering the reactor unit. If the control's components damaged, it'll make synthesis gas compressor 103-J can't work properly. Therefore, analysis of reliability and SIL of BPCS synthesis gas compressor 103-J are needed. Analysis of reliability is using quantitative and qualitative methods. Quantitative analysis by using RBD methods in order to know the reliability and the availability of synthesis gas compressor 103-J. Qualitative analysis by using FTA methods in order to get basic event that can cause synthesis gas compressor failed. Based on the result of analysis, syn gas compressor has high availability, 99,96%. Preventive maintenance is given for components that has IFR or DFR characteristic of failure rate, which are governor 103-J, turbine 103-JT and compressor 103-J. Syn gas compressor 103-J has SIL 0 with the value PFD are 0,16271312 for 720 hours and 0,973779 for 4320 hours. However, SIL can increased become SIL 1 by changing the failure rate (λ) and changing the system architecture become 1002 architecture.

Keywords: *Synthesis Gas Compressor 103-J, reliability, availability, SIL.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR ISTILAH	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1. <i>Synthesis Gas Compressor 103-J</i>	5
2.2. <i>Reliability</i>	6
2.3. <i>Maintainability</i>	7
2.4. <i>Availability</i>	7
2.5. <i>FTA</i>	7
2.6. <i>Failure Rate</i>	9
2.7. Distribusi Data Waktu Kegagalan	10
2.8. <i>Maintenance</i>	14
2.9. <i>Reliability Block Diagram</i>	15
2.10. <i>Safety Integrity Level</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tinjauan <i>Plant Syn Gas Compressor 103-J</i>	20
3.2 Pengambilan Data <i>Maintenance</i>	22
3.3 Pengolahan Data dan Penentuan Distribusi	22
3.4 Perhitungan <i>Reliability</i> dan SIL	26
3.5 <i>Test Interval</i> untuk Perhitungan PFD	26
3.6 Perhitungan SIL dan RRF	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisa Kuantitatif	27
4.2. Analisa Kualitatif	55

4.3. Rekomendasi <i>Maintenance</i> Komponen <i>Synthesis Gas Compressor 103-J</i>	57
4.4. Analisa <i>Safety Integrity Level (SIL)</i>	58
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN A	67
LAMPIRAN B	71
LAMPIRAN C	77
LAMPIRAN D	81
LAMPIRAN E	83

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan berkat dan bimbingan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisis *Reliability dan Safety Integrity Level (SIL)* pada *Synthesis Gas Compressor 103-J* di Pabrik I PT Petrokimia Gresik”

Pada kesempatan kali ini, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu, almarhum Ayah serta kakak tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
3. Bapak Ir. Ya'umar, MT selaku pembimbing tugas akhir, yang telah membimbing dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Syamsul Arifin, MT dan Bapak Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT selaku penguji tugas akhir yang telah member masukan dan kritikan selama pengerjaan tugas akhir.
5. Ibu Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT, selaku dosen wali selama saya menempuh S1 dan selalu mendukung penulis.
6. Seluruh Dosen Teknik Fisika FTI-ITS yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis.
7. Bapak Eka Budiyo selaku pembimbing saya di Instrumen I Pabrik I PT Petrokimia Gresik.
8. Bapak Kies Handono, Bapak Danang, Bapak David, Mas Ditto, Mas Riza selaku karyawan PT Petrokimia Gresik yang telah memberi ilmu dan wawasan.
9. Sony Andriyanto sebagai pacar saya, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya.
10. Cicilia Kuminita Sari selaku sahabat saya yang selalu mendukung selama pengerjaan tugas akhir.

11. Teman-teman terdekat saya di Teknik Fisika ITS (Anya, Ranti, Ebieen, Moudy dan Icha), terima kasih atas segala dukungannya.

12. Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika FTI-ITS (Mas Gigih, Mas Jordy, Mas Ganef, Mas Seno, Mbak Nadhifa, Mbak Wilujeng, Mbak Ria, Mbak arin, Sanif, Afian, Heru, Alan, Okky, Gamal, Jamal, Trisca, Yulia, Wahani, Lufi, Aulia, Ajeng, Maya, Santi, Siti, Fajar, Natsir, Riszal, Rizky, Febryn, Ilham, Firman). Terima kasih atas dukungannya.

13. Seluruh teman-teman Teknik Fisika angkatan 2012, terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama ini.

Akhir kata penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun untuk penelitian berikutnya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema P&ID <i>Syn Gas Compressor</i> 103-J PT Petrokimia Gresik	5
Gambar 2.2	Simbol-simbol pada <i>Fault Tree Analysis</i>	8
Gambar 2.3	<i>Bathtup Curve</i>	9
Gambar 2.4	Grafik keandalan sistem dengan <i>preventive maintenance</i>	15
Gambar 2.5	Konfigurasi Sistem Seri pada RBD	16
Gambar 2.6	Konfigurasi Sistem Pararel pada RBD	16
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> pengerjaan Tugas Akhir	19
Gambar 3.2	SkemP&id <i>Syn Gas Compressor</i> 103 Pengendalian Tekanan	20
Gambar 3.2	P&id <i>Syn Gas Compressor</i> 103-J Pengendalian Kecepatan	21
Gambar 3.3	Skema P&id Tinjauan <i>Plant BPCS Syn Gas Compressor</i> 103-J	21
Gambar 3.5	Langkah 1 penentuan distribusi dengan weibull	23
Gambar 3.4	Langkah 2 penentuan distribusi dengan weibull	24
Gambar 3.5	Langkah 3 penentuan distribusi dengan weibull	24
Gambar 3.8	Langkah 4 penentuan distribusi dengan weibull	25
Gambar 3.9	Langkah 5 penentuan distribusi dengan weibull	25
Gambar 4.1	Grafik <i>Failure Rate</i> PT 1006	29
Gambar 4.2	Grafik <i>Reliability</i> dan <i>Availability</i> PT 1006	30
Gambar 4.3	Grafik <i>Maintainability</i> PT 1006	31
Gambar 4.4	Grafik <i>Preventive maintenance</i> PT 1006	31
Gambar 4.5	Grafik <i>Failure Rate</i> Sensor <i>Speed</i> 103-J	33
Gambar 4.6	Grafik <i>Reliability</i> dan <i>Availability</i> Sensor <i>Speed</i> 103-J	34
Gambar 4.7	Grafik <i>Maintainability</i> Sensor <i>Speed</i> 103-J	35
Gambar 4.8	Grafik <i>Prenventive Maintenance</i> _Sensor <i>Speed</i> 103-J	35
Gambar 4.9	Grafik <i>Failure Rate</i> Turbin 103-JT	37

Gambar 4.10	Grafik <i>Reliability</i> dan <i>Availability</i> Turbin 103-JT	38
Gambar 4.11	Grafik <i>Maintainability</i> turbin 103-J	39
Gambar 4.12	Grafik <i>Preventive maintenance</i> Turbin 103-JT ..	40
Gambar 4.13	Grafik <i>Failure Rate Governor</i> 103-J.....	41
Gambar 4.14	Grafik <i>Reliability</i> dan <i>Availability Governor</i> 103-J	42
Gambar 4.15	Grafik <i>Maintainability Governor</i> 103-J	43
Gambar 4.16	Grafik <i>Preventive maintenance Governor</i> 103-J.44	
Gambar 4.17	Grafik <i>Failure Rate</i> PIC 9704.....	46
Gambar 4.18	Grafik <i>Reliability</i> Kompresor 103-J	47
Gambar 4.19	Grafik <i>Maintainability</i> Kompresor 103-J	48
Gambar 4.20	Grafik <i>Preventive maintenance</i> Kompresor 103-J.....	49
Gambar 4.21	Grafik <i>Failure Rate</i> PIC 1006 & SIC 1006	50
Gambar 4.22	Grafik <i>Reliability</i> PIC 1006 & SIC 1006	51
Gambar 4.23	Grafik <i>Maintainability</i> PIC 1006 & SIC 1006	52
Gambar 4.24	Grafik <i>Preventive maintenance</i> PIC 1006 & SIC 1006	53
Gambar 4.25	Grafik <i>Reliability</i> Sistem <i>Synthesis Gas Compressor</i>	54
Gambar 4.26	Grafik <i>Availability</i> Sistem <i>Syn Gas Compressor</i> 103-J	55
Gambar 4.27	Grafik <i>Reliability Synthesis Gas Compressor</i> dengan Metode FTA	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Weibull Shape Parameter</i>	10
Tabel 2.2	<i>Probability Density Function(PDF)</i> dari SIL	17
Tabel 3.1	Tabel BPCS pada <i>Synthesis Gas Compressor</i> 103-J.....	22
Tabel 4.1	Data <i>maintenance</i> dan kegagalan PT 1006.....	27
Tabel 4.2	Data <i>Maintenance Sensor Speed</i> 103-J	32
Tabel 4.3	Data <i>maintenance</i> Turbin 103-JT.....	36
Tabel 4.4	Data <i>Maintenance Governor</i> 103-J	41
Tabel 4.5	Data <i>Maintenance</i> Kompresor 103-J.....	45
Tabel 4.6	Data <i>Reliability</i> Komponen <i>Syn Gas Compressor</i> Pada Jam ke-8760	56
Tabel 4.7	Rekomendasi <i>Maintenance</i> Komponen <i>Synthesis Gas Compressor</i>	58
Tabel 4.8	Komponen Pembentuk SIS untuk <i>Shutdown Sytem</i>	59
Tabel 4.9	Perhitungan PFD dan RRF <i>Synthesis GasCompressor</i>	59
Tabel 4.10	Perhitungan PFD dan RRF dengan Mengganti Laju Kegagalan (λ).....	60
Tabel 4.11	Perhitungan PFD dan RRF <i>Synthesis Gas Compressor</i> dengan <i>Vooting</i> 1002.....	61

DAFTAR NOTASI

BPCS	= <i>basic program control system</i>
CFR	= <i>constant failure rate</i>
DFR	= <i>decrease failure rate</i>
FTA	= <i>Fault Tree Analysis</i>
IFR	= <i>increase failure rate</i>
MTBF	= <i>mean time before failure</i>
MTTF	= <i>mean time to failure</i>
MTTR	= <i>mean time to repair</i>
RBD	= <i>Reliability Block Diagram</i>
SIL	= <i>Safety Integrity Level</i>
SIS	= <i>safety instrumented system</i>
Syn	= <i>Synthesis</i>
$A(t)$	= <i>availability terhadap waktu</i>
$f(t)$	= <i>fungsi kegagalan</i>
$M(t)$	= <i>maintainability terhadap waktu</i>
PM	= <i>preventive maintenance</i>
$R(t)$	= <i>reliability terhadap waktu</i>
λ	= <i>laju kegagalan (failure rate)</i>
β	= <i>shape parameter</i>
θ	= <i>scale parameter</i>
σ	= <i>standar deviation</i>
μ	= <i>mean</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu industri terbesar di Jawa Timur adalah industri PT Petrokimia Gresik yang bergerak dalam sektor penghasil pupuk. Dalam menghasilkan produknya, industri ini menggunakan bahan baku untuk diproses menjadi suatu produk. Produk utama dari industri ini adalah pupuk nitrogen dan pupuk fosfat. Industri ini membutuhkan bahan baku berupa amonia, asam sulfat, dan asam fosfat dalam pembuatan pupuk.

Terdapat tiga pabrik di PT Petrokimia Gresik dengan produksi yang berbeda-beda yaitu pabrik I, II, dan III. Pada pabrik I atau unit produk nitrogen mempunyai empat bagian penting dalam produksinya yaitu, Pabrik ZA I, Pabrik ZA III, Pabrik Urea dan Pabrik Amonia. Keempat bagian tersebut mempunyai tugas yang berbeda-beda dalam produksinya. Untuk bagian produksi pabrik amonia berdiri sejak 1 Desember 1994 dan dengan kapasitas produksinya 445.000 ton per tahun. Bahan baku yang digunakan pada pabrik amonia ini adalah gas alam dan udara (N_2). Proses pembentukan amonia memiliki 5 tahap, yaitu:

1. Penyediaan gas sintesa
2. Pemurnian gas sintesa
3. Sintesa amonia
4. Refrigerasi
5. *Purge gas recovery* [1]

Salah satu unit yang berperan penting dalam pembentukan amonia di pabrik amonia adalah *Syn Gas Compressor*. *Synthesis Gas Compressor* dengan tag number 103-J memiliki fungsi untuk mengompresi gas keluaran dari *methanator* agar berubah menjadi *ammonia* sebelum masuk ke unit reaktor. Pada 103-J ini terdapat 2 sistem pengendalian, yaitu sistem pengendalian tekanan dan kecepatan. Pengendalian kecepatan yang ada pada *syn gas compressor* adalah kecepatan putaran turbin. Sistem ini menggunakan *cascade control*. Masing-masing pengendalian tersebut terdiri dari beberapa komponen penting.

103-J ini sudah beroperasi sejak tahun 1994 dan telah memiliki waktu operasi yang panjang. Apabila dari komponen-komponen tersebut tidak berjalan dengan baik ataupun mengalami kerusakan, maka akan mengakibatkan kurang optimalnya kerja dari *syn gas compressor*. Kegagalan fungsi dari instrument ini akan menghambat kegiatan proses produksi sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas kurang baik dan dapat merugikan perusahaan.

Pada penelitian kali ini, dilakukan analisa *reliability* pada BPCS (*Basic process control system*) yang terpasang pada *Syn Gas Compressor* 103-J di Pabrik I PT Petrokimia Gresik. Digunakan analisa kualitatif FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk mengetahui urutan kegagalan dan penyebab kegagalan dari masing-masing BPCS (*Basic process control system*). Digunakan juga analisa kuantitatif dengan menghitung *reliability* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya.

Dengan adanya evaluasi *reliability* dari BPCS(*Basic process control system*) pada *Syn Gas Compressor* 103-J, dapat direkomendasikan strategi *maintenance* yang tepat sehingga peralatan instrumentasi dapat terawat dengan baik. Strategi *maintenance* yang tepat dapat menghemat biaya produksi dari PT Petrokimia Gresik jika di dibandingkan dengan kegagalan dari BPCS yang menyebabkan *plant shutdown*, sehingga mengganggu proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *reliability* sistem *syn gas compressor* ?
2. Apa rekomendasi perawatan yang dapat diberikan pada komponen di *syn gas compressor* ?
3. Berapakah tingkatan SIL pada *syn gas compressor* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Unit yang digunakan adalah *syn gas compressor* 103-J dengan mengabaikan sistem *separator* dan *chiller* Pabrik I Petrokimia Gresik.
2. Data yang digunakan diperoleh dari data *maintenance* tahun 2009-2014.
3. Untuk pendekatan distribusi data, software yang digunakan adalah Reliasoft Weibull ++ 6.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui *reliability* sistem *syn gas compressor*.
2. Dapat memberikan rekomendasi perawatan pada komponen *syn gas compressor*.
3. Menghitung dan mendapatkan tingkatan SIL pada *syn gas compressor*.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi dasar-dasar ilmu mengenai konsep *reliability*, *maintainability*, *availability*, fungsi kegagalan, FTA, macam-macam distribusi data, dan manajemen resiko.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah pada penelitian, meliputi proses pengambilan data dan pengolahan data.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berisi analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan.

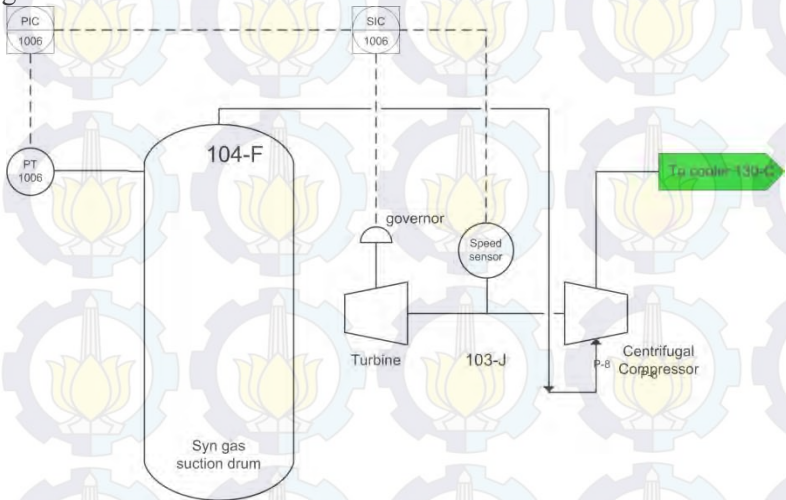
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari penelitian dan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1. *Synthesis Gas Compressor 103-J*

Syn Gas Compressor 103-J adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengkompresi gas sintesa keluaran dari *methanator* agar mencapai tekanan yang cukup. Setelah gas sintesa mencapai tekanan yang cukup akan berubah menjadi *ammonia* lalu dikirim ke unit reaktor. Pada unit ini, gas sintesa dikompres pada kompresor sentrifugal yang digerakan oleh *steam turbine*. *Syn Gas Compressor* memiliki 4 tahap yang didalamnya terdapat *cooler* dan *separator*. Terdiri dari 2 tahap *low pressure* dan 2 tahap *high pressure* sehingga proses kompresi gas sintesa dilakukan secara bertahap. Tidak hanya berfungsi untuk mengkompresi gas namun juga terjadi proses pemisahan antara gas dan air.



Gambar 2.1 Skema P&ID *Syn Gas Compressor 103-J* PT Petrokimia Gresik

Pada *syn gas compressor* terdapat 2 pengendalian utama yaitu pengendalian tekanan dan kecepatan putaran turbin. Sistem pengendalian ini menggunakan *cascade control*. *Manipulated variable* dari keluaran PIC akan digunakan untuk menjadi *set point* dari kecepatan yang digunakan untuk putaran turbin.

Tekanan yang diamati berasal dari *syn gas* di dalam separator. Saat tekanan *syn gas* melebihi dari *set point* maka SIC akan memerintahkan *governor* untuk menambah kecepatan putaran turbin sehingga *syn gas* yang ada dalam *separator* mengalir ke kompresor dan tekanan *syn gas* dalam *separator* menjadi berkurang. Begitu pun sebaliknya, saat tekanan masih kurang dari *set point* maka SIC akan memerintahkan *governor* untuk mengurangi kecepatan turbin sehingga hanya sedikit *syn gas* yang mengalir menuju kompresor dan tekanan *syn gas* dalam *separator* menjadi naik.

2.2. Reliability (Keandalan)

Reliability adalah kemungkinan/probabilitas dari peralatan atau sistem untuk berhasil menjalankan fungsi dan tugasnya untuk suatu periode waktu tertentu.[2] Keberhasilan suatu komponen atau sistem untuk beroperasi dalam jangka waktu yang telah ditentukan akan memengaruhi hasil produksi sebuah industri. Analisis keandalan dapat membantu untuk menentukan peluang suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan dalam melakukan fungsinya dalam jangka waktu tertentu.

Reliability juga dapat diartikan sebagai perilaku dari kegagalan sistem atau peralatan. Oleh karena itu, untuk melakukan analisa *reliability* hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data *failure*/data kegagalan dari peralatan atau sistem.[3]

Fungsi keandalan (*reliability*) dinotasikan sebagai $R(t)$ dari sistem jika dipakai selama t (satuan waktu). Probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama pemakaian $[0, t]$. [2]

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2.1)$$

Dimana:

$R(t)$ = fungsi kehandalan

$F(t)$ = fungsi distribusi kegagalan

$f(t)$ = probabilitas kegagalan

2.3. Maintainability

Maintainability adalah probabilitas suatu komponen yang rusak untuk diperbaiki ke dalam kondisi dimana komponen

tersebut dapat berkerja dengan baik dalam periode waktu tentu. [2] *Maintainability* memiliki rumus matematis yang berbeda-beda tergantung dari distribusi datanya.

2.4. *Availability*

Availability didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen untuk menjalankan fungsinya dalam jangka waktu yang telah ditentukan. [2] *Availability* adalah probabilitas yang dilakukan komponen atau sistem menjalankan fungsinya dalam jangka waktu yang ditentukan ketika digunakan saat kondisi operasi. *Availability* sering dipakai sebagai parameter berhasilnya peralatan dalam menjalankan fungsinya dari pada *reliability*. Hal ini dikarenakan *availability* merupakan ketersediaan peralatan dalam jangka waktu tertentu, berbeda dengan *reliability* yang merupakan peluang berhasilnya peralatan dalam waktu tertentu.

Secara matematis, *availability* dapat dituliskan dalam persamaan:

$$A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.2)$$

Dimana:

MTBF = Rata-rata waktu antar kegagalan

MTTR = Rata-rata waktu perbaikan kegagalan

Nilai *availability* yang berubah terhadap waktu, dituliskan dalam persamaan: [5]

$$A(t) = 1 - \left[\left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) - \left(\frac{\mu}{\mu + \lambda} \right) \exp(-(\lambda + \mu)t) \right] \quad (2.3)$$

dimana:

λ = failure rate

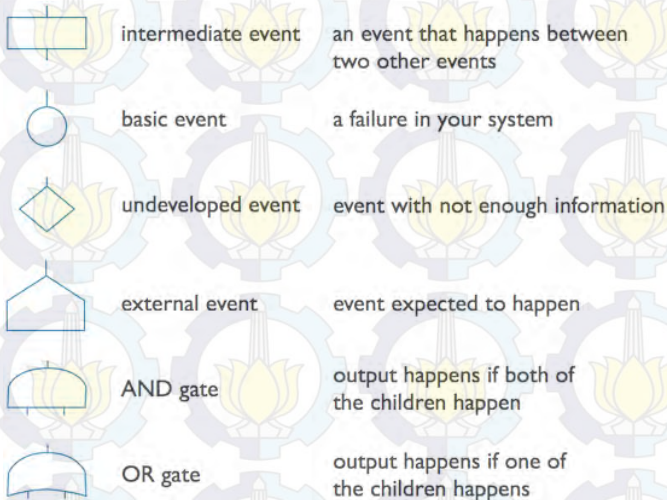
$\mu = \frac{1}{MTTR}$

2.5. FTA (*Fault Tree Analysis*)

Fault Tree Analysis adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan dari suatu peralatan/sistem. *Fault Tree Analysis* akan memudahkan operator dan *engineer* dalam melakukan *troubleshooting*. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab

kegagalan dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

Berikut adalah penjelasan simbol-simbol yang terdapat pada *Fault Tree Analysis*.



Gambar 2.2 Simbol-simbol pada *Fault Tree Analysis*. [6]

Event merupakan kejadian yang akan diteliti lebih lanjut ke kejadian dasar untuk mengetahui penyebab-penyebab terjadinya kegagalan. *Basic Event* adalah kejadian yang tidak diharapkan terjadi dan merupakan penyebab dasar kegagalan terjadi. *Logic Event* merupakan hubungan antar event yang dinyatakan dengan logika AND dan OR. *Transferred Event* menandakan uraian mengenai lanjutan kejadian berada di halaman lain. *Undeveloped Event* merupakan kejadian dasar (*Basic Event*) yang tidak dikembangkan lebih lanjut karena kurang nya informasi.

2.6. Failure Rate (Laju Kegagalan)

Laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu, dengan total waktu operasi komponen, subsistem, atau

sistem.[7] *Failure Rate* atau laju kegagalan merupakan banyaknya kerusakan dari peralatan atau sistem yang terjadi pada interval waktu tertentu. Laju kegagalan secara matematis dirumuskan sebagai berikut

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (2.4)$$

Dimana:

F = banyaknya kegagalan

T = Total waktu operasi

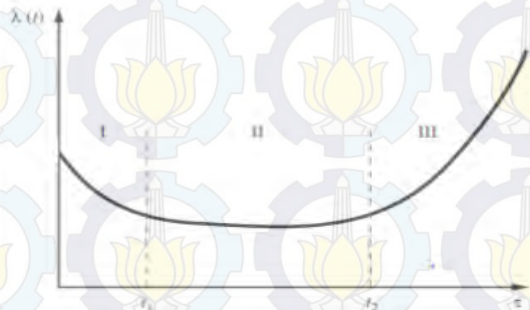
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.5)$$

Dimana:

f(t)=fungsi kegagalan

R(t)=fungsi kehandalan

Laju kegagalan merupakan salah satu indikator yang dipakai dalam menganalisa *reliability*. Laju kegagalan memiliki karakteristik DFR (*Decreasing Failure Rate*), CFR (*Constant Failure Rate*) dan IFR (*Increase Failure Rate*) yang digambarkan dalam *Bathup Curve* sebagai berikut:



Gambar 2.3 Bathup Curve

Pada kurva di gambar 2.3, daerah I dinamakan fase pemanasan atau *burn-in*. Pada daerah I ditunjukkan bahwa laju kegagalan komponen mengalami penurunan dari periode 0 sampai dengan t_1 . Kurva daerah I dapat disebut juga DFR (*Decreasing Failure Rate*).

Daerah II dinamakan fase *useful life* atau masa berguna suatu komponen. Pada daerah II ini laju kegagalannya sangat

kecil dan cenderung konstan, ditunjukkan dalam periode t_1 sampai dengan t_2 . Kurva ini disebut juga CFR (*Constant Failure Rate*).

Daerah III dinamakan fase *wear out* atau masa aus suatu komponen. Pada daerah II ini laju kegagalannya cukup besar karena mengalami peningkatan dari periode t_2 sampai dengan t_3 . Kurva ini disebut juga IFR (*Increasing Failure Rate*).

2.7. Distribusi Data Waktu Kegagalan

Terdapat 4 distribusi untuk data waktu kegagalan atau TTF (*Time to Failure*), yaitu distribusi Weibull, distribusi eksponensial, distribusi normal dan distribusi lognormal.

2.8.1. Distribusi Weibull

Distribusi weibull memiliki tiga parameter, yaitu *scale parameter*(θ), *shape parameter* (β) dan *location parameter*(γ). Distribusi Weibull dapat digunakan untuk mempresentasikan laju kegagalan yang meningkat dan menurun. Perilaku *shape parameter* (β) terhadap distribusi weibull di jelaskan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Weibull Shape Parameter

$0 < (\beta) < 1$	Lognormal distribusi (DFR)
$(\beta) = 1$	Eksponensial distribusi (CFR)
$1 < (\beta) < 2$	IFR
$(\beta) > 2$	Normal distribusi (IFR)

Beberapa fungsi matematis dalam distribusi weibull:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{t-\gamma}{\theta} \right]^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.6)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.7)$$

Fungsi Laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (2.8)$$

Maintainability:

$$M(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.9)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \gamma + \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.10)$$

Apabila *location parameter* (γ) bernilai 0, maka distribusi menjadi distribusi *weibull* 2 parameter.

2.8.2. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk nilai laju kegagalan yang konstan (CFR). Terdapat dua parameter dalam distribusi eksponensial, yaitu t (fungsi waktu) dan t_0 (parameter lokasi). Apabila t_0 bernilai 0, maka menjadi distribusi eksponensial satu parameter.[6] Distribusi eksponensial merepresentasikan kejadian kegagalan yang terjadi secara acak/random. Distribusi eksponensial biasanya fit/cocok dengan peralatan elektronik dan instrument. Namun distribusi eksponensial juga dapat merepresentasikan peralatan lain yang kejadian kegagalannya terjadi secara acak.

Beberapa fungsi matematis dalam distribusi eksponensial:

Fungsi distribusi kegagalan :

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.11)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.12)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.13)$$

Maintainability :

$$M(t) = 1 - \exp(-\lambda(t - t_0)) \quad (2.14)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.15)$$

2.8.3. Distribusi Normal

Distribusi normal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang naik dari waktu ke waktu (IFR). Distribusi normal merepresentasikan karakteristik peralatan yang *wear-out*/ peralatan yang masa pakai nya hampir habis. Sebelum peralatan memasuki masa *wear-out*, peralatan pasti berada pada masa *usefull life* nya. Oleh karena itu, agar peralatan tetap memiliki karakter *usefull life*, maka dapat dilakukan *preventif maintenance* untuk menghindari masa *wear-out*. Dengan kata lain, *preventif maintenance* cocok untuk peralatan yang memiliki karakterteristik *wear-out* (IFR)

Pada distribusi normal, digunakan dua parameter yaitu μ (rata-rata) dan σ (standart deviasi). Beberapa fungsi matematis dalam distribusi normal:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.16)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.17)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.18)$$

Maintainability :

$$M(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.19)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \mu \quad (2.20)$$

2.8.4. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang turun dari waktu ke waktu (DFR). Distribusi lognormal merepresentasikan kegagalan-kegagalan peralatan

yang terjadi di awal *life cycle* nya (*burn-in*). Kegagalan fungsi tersebut terjadi karena kegagalan yang diakibatkan oleh bawaan manufaktur pabrik alat tersebut, *startup equipment* yang kurang baik, atau kesalahan penggunaan dari peralatan tersebut. Untuk mengatasi kegagalan-kegagalan tersebut, langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah melakukan *burn-in testing/acceptance testing*, dan *quality control*.

Pada distribusi *lognormal* parameter yang digunakan sama dengan distribusi normal, yaitu μ (rata-rata) dan σ (standart deviasi).

Beberapa fungsi matematis dalam distribusi *lognormal*:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.21)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right) \quad (2.22)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.23)$$

Maintainability :

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.24)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.25)$$

2.8. Maintenance (Perawatan)

Maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki peralatan yang rusak agar kemudian dapat menjalankan fungsi dan tugasnya kembali. Selain melakukan perbaikan peralatan, *maintenance* juga adalah suatu aktifitas untuk mempertahankan kualitas dari peralatan agar tetap terjaga baik seperti kondisi awalnya. Secara umum *maintenance* dibagi menjadi 3 macam yaitu:

❖ *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan ketika komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. *Corrective maintenance* cocok diaplikasikan untuk komponen/peralatan yang memiliki distribusi eksponensial. Hal ini dikarenakan distribusi eksponensial memiliki karakteristik kejadian kegagalan yang random/acak terhadap waktu.

❖ *Preventive maintenance*

Preventive maintenance adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan sebelum komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan karena komponen/peralatan tersebut merupakan bagian vital dan memiliki peranan yang penting pada sebuah sistem, dimana jika komponen/peralatan tersebut rusak, maka dapat mengganggu jalannya kegiatan produksi. *Preventive maintenance* diaplikasikan untuk peralatan/komponen yang mengalami fase *wear-out* atau dengan kata lain peralatan/komponen yang memiliki distribusi normal. Hal ini dilakukan untuk merawat komponen/peralatan tersebut agar tetap menjalankan fungsi nya dengan baik, bahkan jika bisa agar komponen/peralatan tersebut dapat kembali pada fase *usefull life* nya.

Secara matematis, *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut.

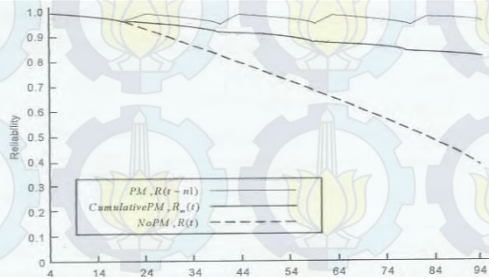
$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad (2.26)$$

Dimana :

$R(T)^n$ = probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive maintenance* ke- n

$R(t-nT)$ = probabilitas ketahanan selama jangka waktu $t-nT$ yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal.

Grafik keandalan untuk komponen/peralatan dengan *preventive maintenance* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Grafik keandalan sistem dengan *preventive maintenance*

❖ Inspeksi

Inspeksi adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan untuk menemukan kejadian kegagalan-kegagalan yang tersembunyi atau belum terdeteksi. Jika menemukan kejadian kegagalan dalam proses inspeksi, maka *corrective maintenance* akan dilakukan.

2.9. Reliability Block Diagram (RBD)

Reliability Block Diagram(RBD) adalah sebuah analisis dengan menggunakan grafik blok, dimana blok-blok tersebut merepresentasikan hubungan antara sistem dengan komponen-komponen subsistem berdasarkan logika *reliability*nya. Komponen-komponen yang dipasang secara seri memiliki logika “And” dan komponen-komponen yang dipasang secara paralel memiliki logika “Or”. *Reliability Block Diagram*(RBD) merupakan jalur berhasilnya sebuah sistem. Sistem dikatakan berhasil menjalankan fungsinya jika terdapat jalur berhasilnya komponen subsistem dari *node* blok paling kiri sampai *node* blok paling kanan.[8] Sehingga *Reliability Block Diagram* (RBD) dapat digunakan untuk menghitung nilai *reliability* sistem.

❖ Konfigurasi Seri

Blok komponen-komponen yang dipasang seri ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 2.5 Konfigurasi Sistem Seri pada RBD

Untuk konfigurasi seri, rumus untuk menghitung *reliability* sistem adalah sebagai berikut.

$$R_s(t) = R_a(t) \times R_b(t) \quad (2.27)$$

$R_s(t) = \text{Reliability sistem}$

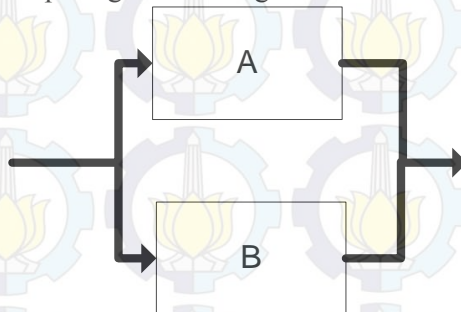
Begitu pula untuk menghitung *availability* yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut.

$$A_s(i) = A_a(i) \times A_b(i) \quad (2.28)$$

$A_s(i) = \text{Availability sistem}$

❖ Konfigurasi Pararel

Blok komponen-komponen yang dipasang paralel ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 2.6 Konfigurasi Sistem Pararel pada RBD

Untuk konfigurasi paralel, rumus untuk menghitung *reliability* sistem adalah sebagai berikut.

$$R_s(t) = [1 - (1 - R_a(t)) \times (1 - R_b(t))] \quad (2.29)$$

$R_s(t) = \text{Reliability sistem}$

Begitu pula untuk menghitung *availability* yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut.

$$As(i) = [1 - (1 - Aa(t)) \times (1 - Ab(t))] \quad (2.30)$$

$As(i)$ = *Availability* sistem

2.10. *Safety Integrity Level (SIL)*

SIL adalah level keamanan dari *Safety Instrumented System* (SIS). SIL diartikan sebagai SIL 1, 2, 3, dan 4. Semakin tinggi tingkatan SIL, maka keamanan dari SIS lebih baik. Kinerja SIS yang lebih baik dicapai dengan ketersediaan keamanan yang lebih tinggi.[10]

Table 2.2 *Probability Density Function(PDF) dari SIL*[9]

DEMAND MODE OF OPERATION		
Safety integrity level (SIL)	Target average probability of failure on demand	Target risk reduction
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10,000$ to $\leq 100,000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	> 1000 to $\leq 10,000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to ≤ 1000
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

Penentuan nilai SIL sangat penting dalam tahapan pembuatan life cycle SIL. Metode dalam perhitungan SIL menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan persamaan:

$$PFD_{sys} = PFD_s + PFD_l + PFD_{fe} \quad (2.31)$$

Dimana :

PFD_{sys} : PFD rata-rata dari fungsi pengamanan *safety-related system*

PFD_s : PFD dari sensor *subsystem*

PFD_l : PFD dari *logic subsystem*

PFD_{fe} : PFD dari *final element subsystem*

Untuk single-channel (1oo1) rumus yang digunakan untuk menghitung PFD adalah :

$$PFD_{1001} = \frac{\lambda_{du} \times T_1}{2} \quad (2.32)$$

Dimana :

PFD_{1001} = *Probability Failure on Demand Average 1001*

λ_{du} = *Laju kegagalan (failure rate)*

T_1 = *Interval time / test function (hour)*[9]

Safety integrity level (SIL) ditentukan dengan menghitung probabilitas suatu kegagalan akan terjadi dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = 1/MTT \quad (2.33)$$

Dimana :

λ = *failure rate (laju kegagalan)*

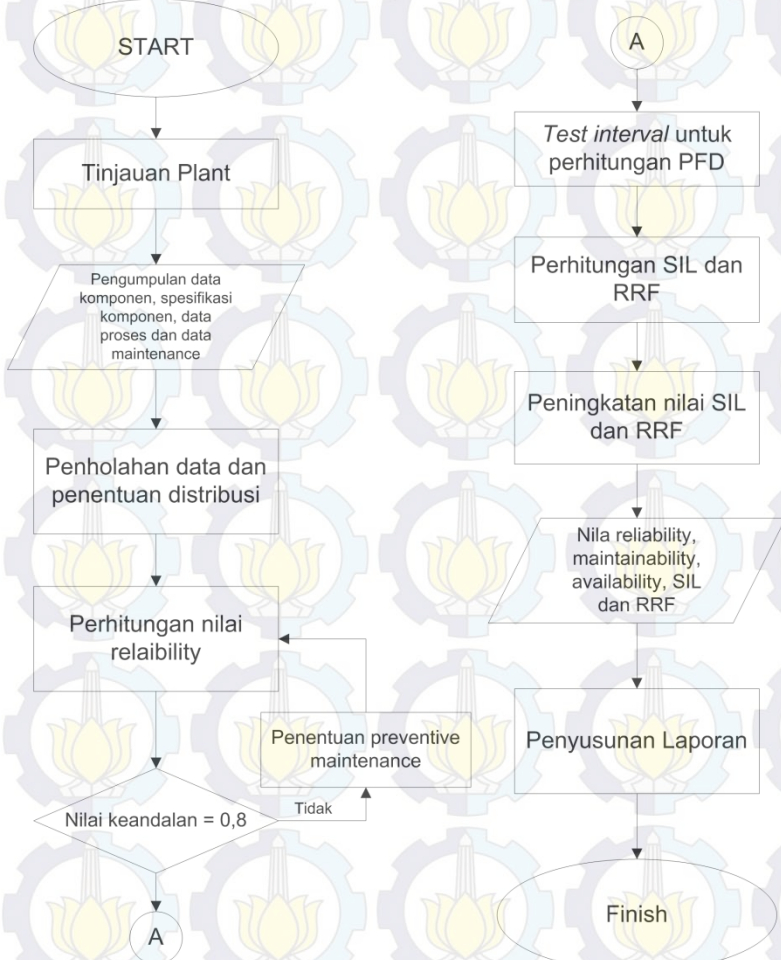
MTTF = *Mean Time To Failure*

Langkah terakhir adalah mencocokkan nilai PFD *average* dengan kriteria SIL pada tabel 1. Dari PFD selanjutnya dapat diketahui nilai *risk reduction factor* (RRF). *Risk reduction factor* merupakan tingkat penurunan risiko suatu equipment mengalami kegagalan. RRF dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RRF = \frac{1}{PFD}$$

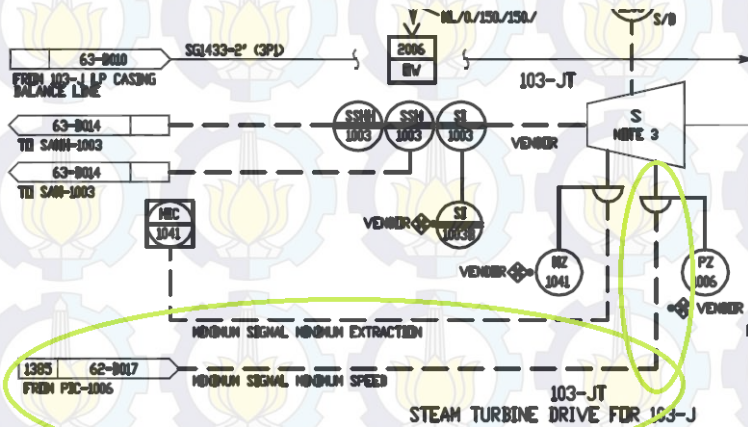
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini terlampir dalam gambar sebagai berikut:

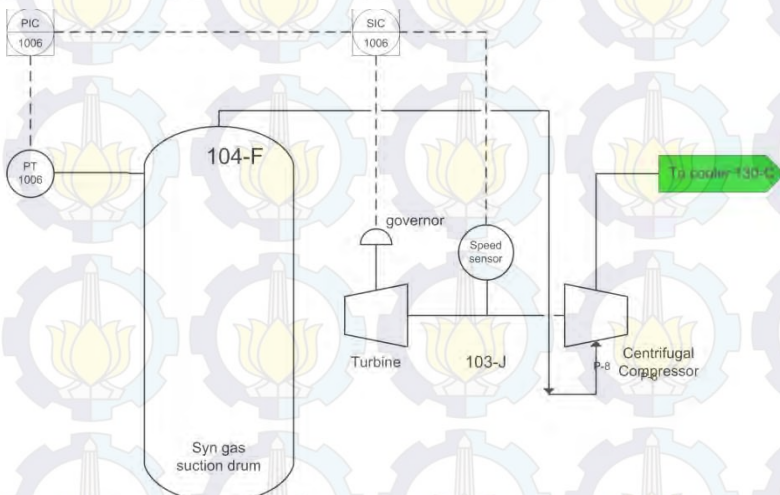


Gambar 3.1 Flowchart pengerjaan Tugas Akhir

Gambar 3.2 SkemP&id Syn Gas Compressor 103-J
Pengendalian Tekanan



Gambar 3.3 P&id Syn Gas Compressor 103-J Pengendalian Kecepatan



Gambar 3.4 Skema P&id Tinjauan Plant BPCS Syn Gas Compressor 103-J

Berdasarkan P&id Syn Gas Compressor 103-J di Pabrik I PT Petrokimia Gresik terdapat 2 BPCS yang berfungsi memonitoring dan mengontrol proses produksi dengan sistem *cascade*. BPCS

terdiri dari sensor,transmitter,*logic solver* dan aktuator. Hasil tinjauan BPCS terlampir dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Tabel BPCS pada *Synthesis Gas Compressor 103-J*

Fungsi	Sensor	Transmit ter	Logic Solver	Aktuator
Pengendalian Tekanan	PT 1006		PIC 9703	-
Pengendalian Kecepatan	<i>Speed sensor</i>		SIC 1006	<i>Governor 103-J</i>

3.2 Pengambilan Data *Maintenance*

Pengambilan data *maintenance* diperoleh dari data *service* yang ada di *daily report* Departemen Instrumentasi Pabrik 1 PT Petrokimia Gresik dari tahun 2009-2014.

3.3 Pengolahan Data dan Penentuan Distribusi

Data *maintenance* Departemen Instrumentasi Pabrik 1 PT Petrokimia Gresik dari tahun 2009-2014 diambil data jam nya sesuai dengan komponen di *syn gas compressor 103-J*. Hasil data adalah data TTR (*Time to Repair*) dari masing-masing komponen. Dari data TTR dilakukan perhitungan sehingga didapatkan TBF (*Time Before Failure*) dan TTF (*Time to Failure*). Kemudian dilakukan pengujian distribusi data yang sesuai menggunakan *software Reliasoft Weibull 6++*, lalu didapatkan untuk masing-masing parameter.

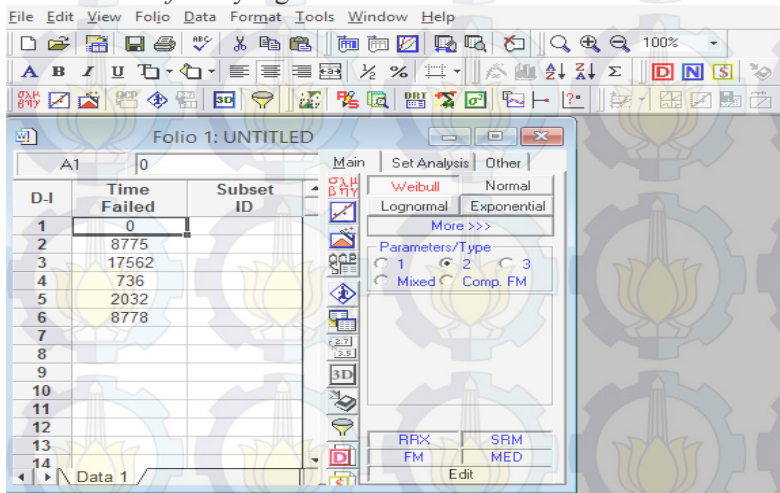
Penentuan distribusi data kegagalan peralatan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

- ❖ Plot data kegagalan dengan bantuan software weibull 6++. Software kemudian akan memberikan rekomendasi distribusi yang paling fit dengan data tersebut.
- ❖ Menggunakan distribusi general yaitu distribusi weibull. Hal ini dilakukan karena distribusi weibull dapat merepresentasikan distribusi lainnya, yaitu distribusi normal,distribusi lognormal,dan distribusi eksponensial.
- ❖ Memilih distribusi sesuai dengan karakteristik peralatan. Misalnya untuk peralatan elektronik dan instrument memiliki

karakteristik distribusi eksponensial. Sedangkan untuk valve dan pompa memiliki karakteristik distribusi normal. [6]

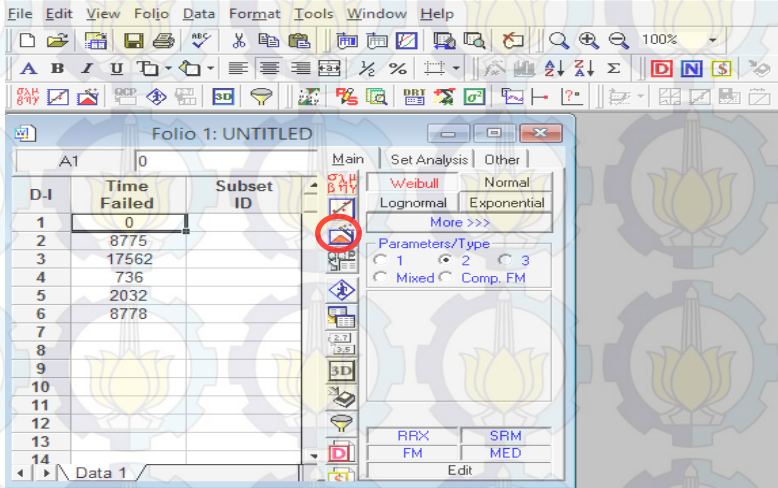
Distribusi waktu kegagalan ditentukan dengan menggunakan *Reliasoft Weibull 6++*. Langkah-langkah penentuan distribusi adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data kegagalan yang akan diuji distribusinya, kedalam *form* yang telah disediakan.



Gambar 3.5 Langkah 1 penentuan distribusi dengan weibull

2. Pilih *distribution wizard* untuk melakukan uji distribusi.



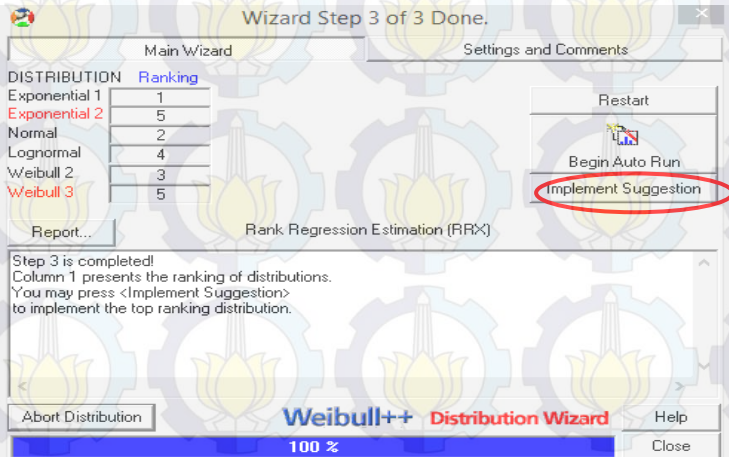
Gambar 3.6 Langkah 2 penentuan distribusi dengan weibull

3. Pada tampilan *distribution wizard*, pilih *begin auto run* untuk mendapatkan distribusi yang sesuai beserta parameternya.



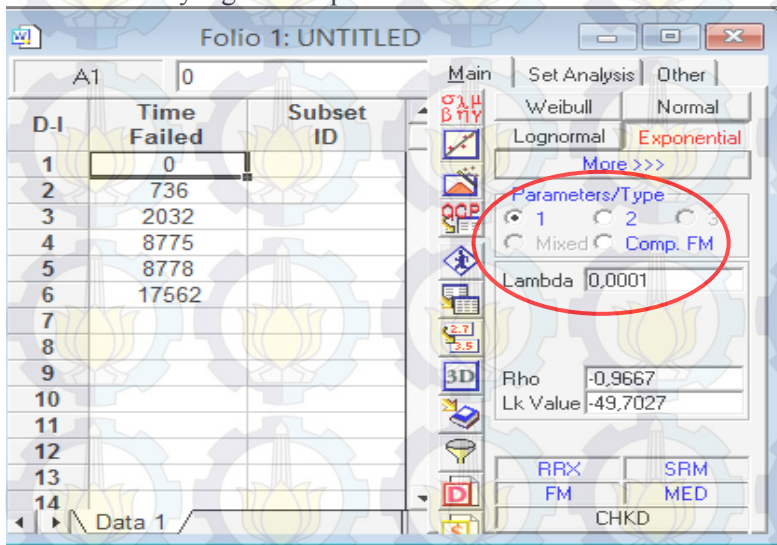
Gambar 3.7 Langkah 3 penentuan distribusi dengan weibull

4. Setelah *wizard step* selesai, pilih *implement suggestion* untuk mendapatkan parameter sesuai dengan distribusi yang paling baik.



Gambar 3.8 Langkah 4 penentuan distribusi dengan weibull

5. Parameter distribusi akan ditampilkan sesuai dengan distribusi yang telah dipilih.



Gambar 3.9 Langkah 5 penentuan distribusi dengan weibull

3.4 Perhitungan *Reliability* dan SIL

Dari hasil pengujian distribusi data oleh software Reliasoft Weibull 6++ akan didapat parameter-parameter distribusinya. Kemudian dilakukan perhitungan *reliability*, *maintainability*, & *availability* tiap instrument berdasarkan parameter-parameter distribusi tersebut menggunakan rumus matematis yang telah dijabarkan dalam BAB II. Identifikasi *reliability* dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif dilakukan dengan menghitung *reliability* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya, sedangkan metode kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode RBD. Identifikasi SIL digunakan dengan menggunakan metode kuantitatif atau perhitungan.

Nilai *reliability* dianggap memenuhi jika mencapai nilai 0,8 atau 80%. Jika nilai keandalan telah terpenuhi maka dilanjutkan dengan perhitungan untuk menentukan nilai SIL. Namun jika nilai keandalan belum memenuhi 0,8 maka dilakukan penentuan *preventive maintenance*.

3.5 Test Interval untuk Perhitungan PFD

Setelah mendapatkan *reliability* sistem yang mencapai 0,8 maka didapat waktu pada saat sistem mencapai *reliability* 0,8. Waktu yang didapatkan ini digunakan untuk menjadi *test interval* dalam perhitungan PFD seperti pada persamaan 2.32.

3.6 Perhitungan SIL dan RRF

Untuk mendapatkan nilai SIL dan RRF, dilakukan terlebih dahulu perhitungan λ tiap komponen. Lalu didapatkan nilai PDF dengan menggunakan persamaan 2.32. Lalu dihitung nilai PFD sistem dengan menggunakan persamaan 2.31. Setelah mendapatkan nilai PFD sistem, dicocokkan dengan tingkatan SIL pada tabel 2.2. Untuk menghitung RRF digunakan persamaan 2.34

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dilakukan dengan perhitungan *reliability* Berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya. Maka dari data *maintenance*, didapatkan data TTR (*Time to Repair*) dari setiap komponen. Dari data TTR yang didapat, dapat dicari data TBF (*Time Before Failure*) dan TTF (*Time to Failure*). Setelah didapatkan TTF dalam jam, data tersebut dimasukan ke software Weibull untuk mengetahui distribusinya lalu dapat dihitung *reliability*, *maintainability* dan *availability* setiap komponen. Setelah didapatkan *reliability* per komponen, maka dapat dicari nilai *reliability* dari sistem *syn gas compressor* 103-J.

4.1.1 Analisa Kuantitatif PT 1006

Data *maintenance* dan data kegagalan PT 1006 yang didapat pada tahun 2009-2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data *maintenance* dan kegagalan PT 1006

<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Faliure (jam)</i>
1/1/2009	1/1/2009	0	0	0
1/23/2009	1/23/2009	527	1	528
3/24/2009	3/24/2009	1439	1	1440
5/25/2009	5/25/2009	1487	1	1488
7/27/2009	7/27/2009	1511	1	1512
9/25/2009	9/25/2009	1439	1	1440
11/25/2009	11/25/2009	1463	1	1464
1/25/2010	1/25/2010	1463	1	1464
3/25/2010	3/25/2010	1415	1	1416
5/25/2010	5/25/2010	1463	1	1464
7/26/2010	7/26/2010	1487	1	1488
9/27/2010	9/27/2010	1511	1	1512

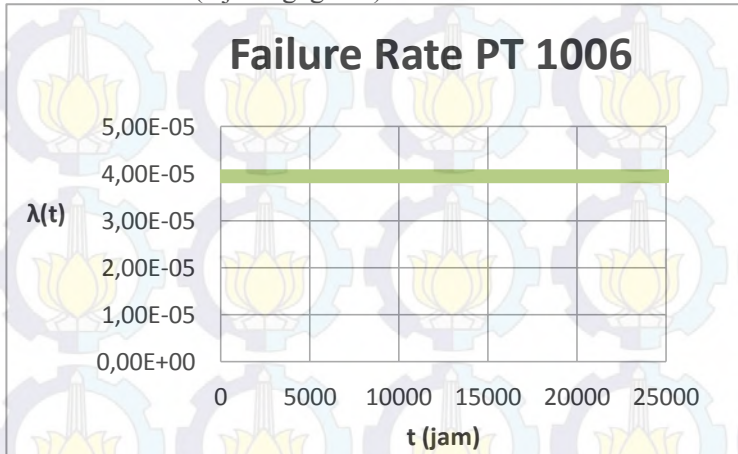
<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Failure (jam)</i>
11/25/2010	11/25/2010	1415	1	1416
1/25/2011	1/25/2011	1463	1	1464
3/25/2011	3/25/2011	1415	1	1416
7/25/2011	7/25/2011	2927	1	2928
9/26/2011	9/26/2011	1511	1	1512
1/25/2012	1/25/2012	2903	1	2904
3/26/2012	3/26/2012	1463	1	1464
7/25/2012	7/25/2012	2903	1	2904
9/25/2012	9/25/2012	1487	1	1488
11/26/2012	11/26/2012	1487	1	1488
1/25/2013	1/25/2013	1439	1	1440
3/25/2013	3/25/2013	1415	1	1416
5/27/2013	5/27/2013	1511	1	1512
7/25/2013	7/25/2013	1415	1	1416
9/25/2013	9/25/2013	1487	1	1488
11/25/2013	11/25/2013	1463	1	1464
1/27/2014	1/27/2014	1511	1	1512
3/25/2014	3/25/2014	1367	1	1368
7/25/2014	7/25/2014	2927	1	2928
9/26/2014	9/26/2014	1511	1	1512
11/27/2014	11/27/2014	1487	1	1488

Pencocokan atau *fitting* distribusi untuk data *maintenance* PT 1006 dengan *average goodness of fit*, normalisasi dan *likelihood function* dapat dilihat pada halaman lampiran A.

Dari hasil uji distribusi oleh *software* Weibull 6++, PT 1006 mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi eksponensial. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa peralatan elektrik mempunyai *failure rate* yang konstan. Parameter distribusi eksponensial didapatkan nilai lamda(λ)

sebesar 0,000039379. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari PT 1006 dapat dilihat pada gambar 4.1.

❖ *Failure rate* (laju kegagalan)

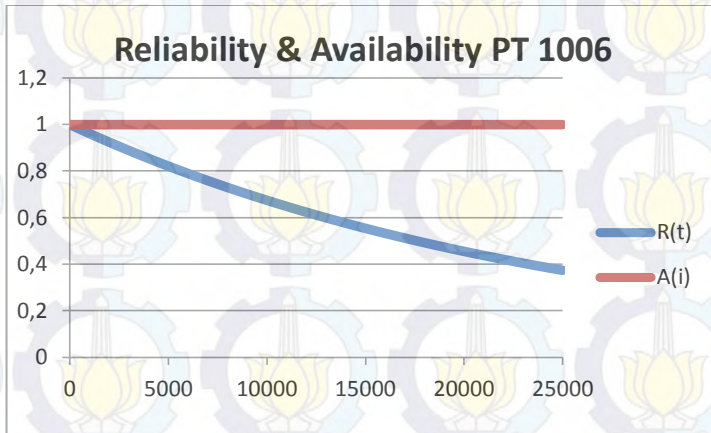


Gambar 4.1 Grafik *Failure Rate* PT 1006

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa laju kegagalan PT 1006 adalah konstan atau CFR, maka PT 1006 sedang berada pada fase *usefull life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan 2.15 adalah sebesar 25394,24566.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) dan ketersediaan (*availability*)

PT 1006 mempunyai distribusi eksponensial. Maka untuk menghitung fungsi keandalannya terhadap waktu menggunakan persamaan 2.12. Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(i)$ dapat menggunakan persamaan 2.2, maka harus dicari dahulu nilai MTTF, MTTR dan MTBF. Dari hasil uji distribusi, data TBF mempunyai distribusi lognormal dengan $mean(\mu) = 7,3208$ dan $std(\sigma) = 0,2764$. Dengan menggunakan persamaan 2.25 didapatkan nilai MTBF sebesar 1570,263125. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut:

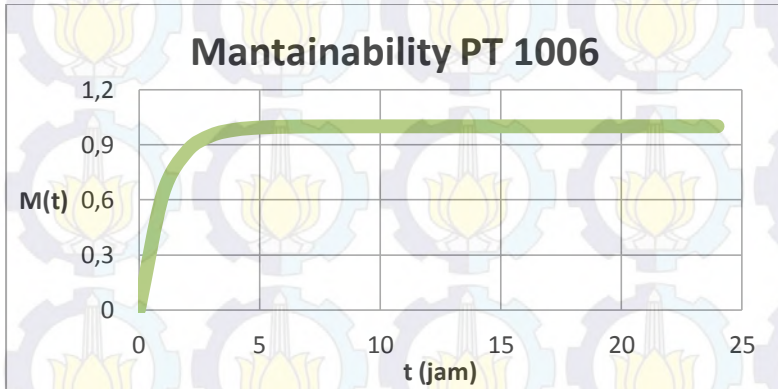


Gambar 4.2 Grafik *Reliability* dan *Availability* PT 1006

Dari grafik pada gambar 4.2 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari PT 1006. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen PT 1006 semakin menurun. PT 1006 dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 5500 jam. Maka PT 1006 dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 5500 jam. Meskipun keandalan dari PT 1006 semakin menurun, namun PT 1006 mempunyai ketersediaan yang besar. PT 1006 memiliki *availability* sebesar 0,999363569. Maka kemampuan PT 1006 menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,94%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai untuk data TTR adalah distribusi eksponensial dengan nilai lamda $\lambda=1$. Maka nilai MTTR juga sebesar 1. Karena distribusi eksponensial, maka untuk mendapatkan nilai $M(t)$ menggunakan persamaan 2.14. Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

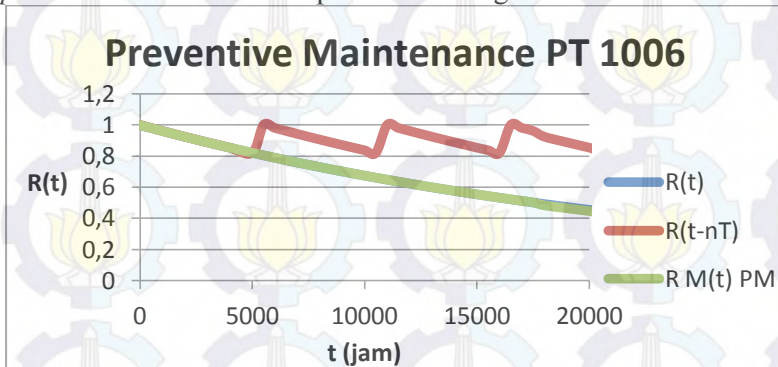


Gambar 4.3 Grafik *Maintainability* PT 1006

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.3, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan komponen PT 1006 untuk diberi *maintenance* adalah selama 15 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada PT 1006 adalah 5500 jam. Karena pada 5500 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,805264487. Perhitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik *Preventive maintenance* PT 1006

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.4 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari PT 1006 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Garis merah dan biru hampir sama dan saling berhimpit, hal ini berarti nilai *reliability* tidak mengalami perubahan walaupun dilakukan *preventive maintenance*.

4.1.2 Analisa Kuantitatif Sensor Speed 103-J

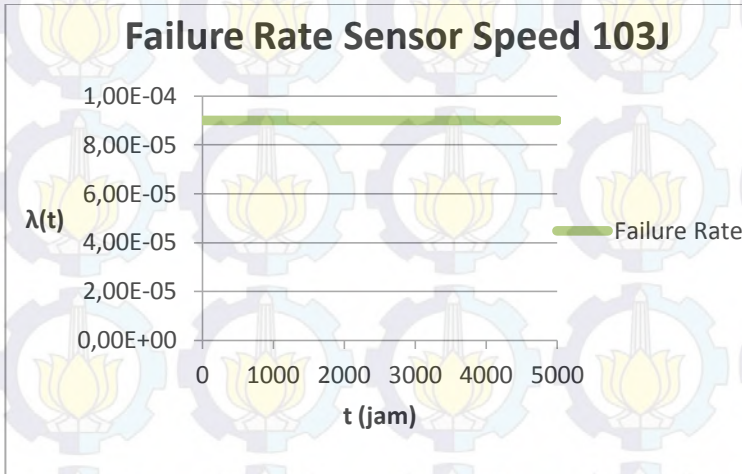
Data *maintenance* dan data kegagalan Sensor Speed 103-J yang didapat pada tahun 2009-2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data *Maintenance* Sensor Speed 103-J

<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Faliure (jam)</i>
01/01/2009	01/01/2009	0	0	0
24/02/2010	24/02/2010	10055	1	10056
08/05/2010	08/05/2010	1751	1	1752
28/12/2012	28/12/2012	23159	1	23160
01/01/2013	01/01/2013	95	1	96
29/04/2014	29/04/2014	11591	1	11592

Pencocokan atau *fitting* distribusi untuk data *maintenance* sensor speed 103-J dapat dilihat pada halaman lampiran A.

Dari hasil uji distribusi oleh *software* Weibull 6++, sensor speed 103-J mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi eksponensial. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa peralatan elektrik mempunyai *failure rate* yang konstan. Parameter distribusi eksponensial didapatkan nilai lamda(λ) sebesar 0,000090094. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari PT 1006 dapat dilihat pada gambar 4.5.

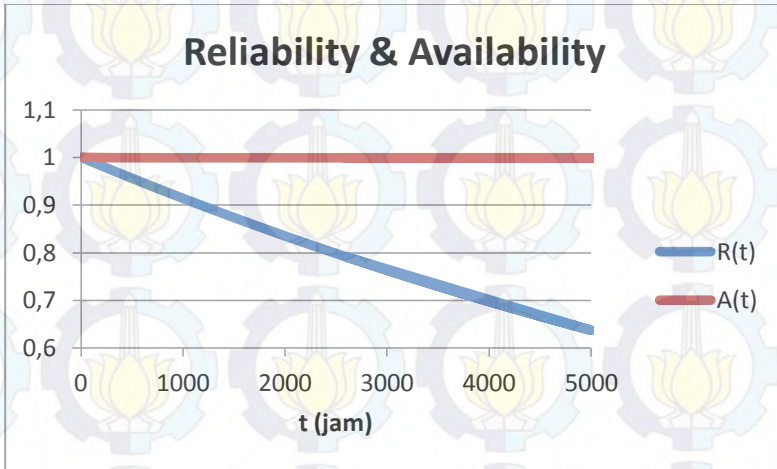


Gambar 4.5 Grafik *Failure Rate* Sensor *Speed* 103-J

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa laju kegagalan sensor *speed* 103-J adalah konstan atau CFR, maka sensor *speed* 103-J sedang berada pada fase *usefull life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan 2.15 adalah sebesar 11099,51828.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) & ketersediaan (*Availability*)

Sensor *Speed* 103-J mempunyai distribusi eksponensial. Maka untuk menghitung fungsi keandalannya terhadap waktu menggunakan persamaan 2.12. Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(i)$ dapat menggunakan persamaan 2.2, maka harus dicari dahulu nilai MTTF, MTTR dan MTBF. Dari hasil uji distribusi, data TBF mempunyai distribusi Weibull 2 parameter dengan *shape parameter* $(\beta) = 0,7462$ dan *scale parameter* $(\theta) = 8159,7762$. Dengan menggunakan persamaan 2.25 didapatkan nilai MTBF sebesar 9755,583631. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut:



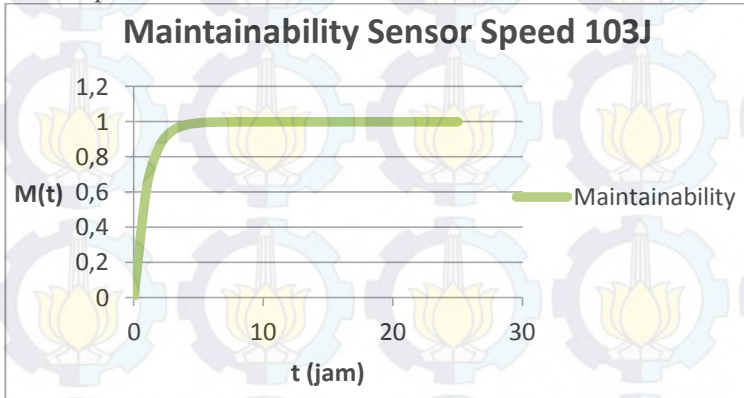
Gambar 4.6 Grafik *Reliability* dan *Availability* Sensor *Speed* 103-J

Dari grafik pada gambar 4.6 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari *speed sensor* 103-J. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen PT 1006 semakin menurun. *Sensor speed* 103-J dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 2400 jam. Maka *sensor speed* 103-J dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 2400 jam. Meskipun keandalan dari *speed sensor* 103-J semakin menurun, namun *speed sensor* 103-J mempunyai ketersediaan yang besar. *Speed sensor* 103-J memiliki *availability* sebesar 0,999909915. Maka kemampuan *speed sensor* 103-J menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,99%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai untuk data TTR adalah distribusi eksponensial dengan nilai $\lambda=1$. Maka nilai MTTR juga sebesar 1. Karena distribusi eksponensial, maka untuk mendapatkan nilai $M(t)$ menggunakan persamaan 2.14.

Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

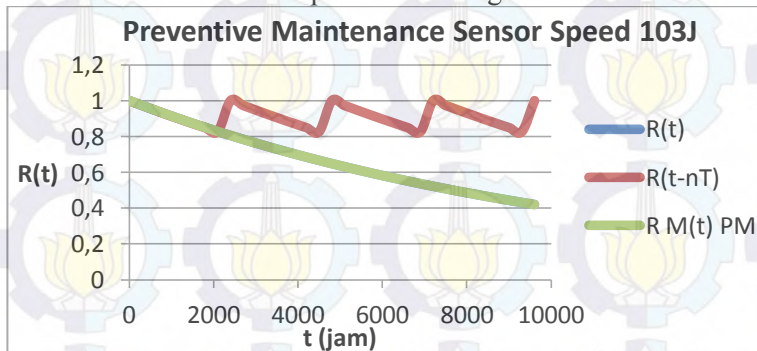


Gambar 4.7 Grafik *Maintainability* Sensor Speed 103-J

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.7, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada sensor speed 103-J adalah 2400 jam. Karena pada 2400 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,805553548. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik *Preventive Maintenance* Sensor Speed 103-J

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.8 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari PT 1006 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Garis merah dan biru hampir sama dan saling berhimpit, hal ini berarti nilai *reliability* tidak mengalami perubahan walaupun dilakukan *preventive maintenance*.

4.1.3 Analisa Kuantitatif Turbin 103-JT

Data *maintenance* dan data kegagalan turbin 103-JT yang didapat pada tahun 2009-2014 adalah sebagai berikut:

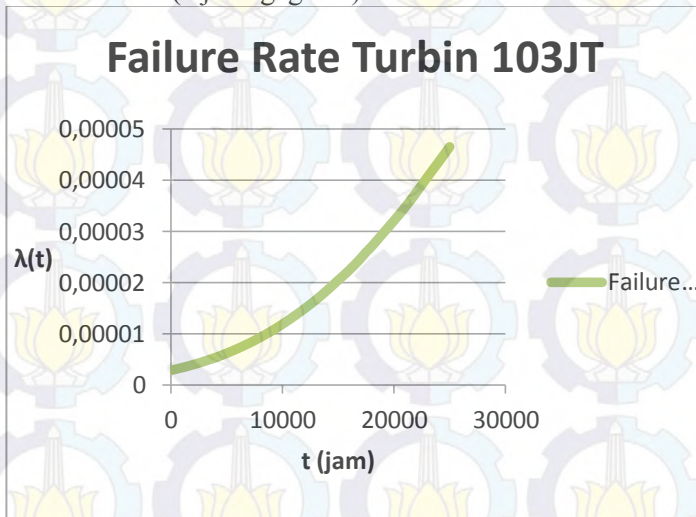
Tabel 4.3 Data *maintenance* Turbin 103-JT

<i>Plant Started</i>	<i>Plant Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	TBF (jam)
01/01/2009	01/01/2009	0	0	0
02/02/2010	02/02/2010	9527,75	0,25	9528
12/02/2010	12/02/2010	239,5	0,5	240
08/07/2010	08/07/2010	3503	1	3504
19/07/2010	19/07/2010	263,75	0,25	264
16/03/2011	16/03/2011	5759	1	5760
10/07/2011	10/07/2011	2783	1	2784
08/08/2011	08/08/2011	694,75	1,25	696
28/09/2011	28/09/2011	1223	1	1224
01/03/2012	01/03/2012	3719,75	0,25	3720
06/04/2012	06/04/2012	863,75	0,25	864
05/06/2012	05/06/2012	1438	2	1440
08/01/2013	08/01/2013	5207,75	0,25	5208
09/01/2013	09/01/2013	23,75	0,25	24
10/01/2013	10/01/2013	20	4	24
29/01/2013	29/01/2013	455	1	456
03/06/2013	03/06/2013	2999,5	0,5	3000
13/05/2014	13/05/2014	8254	2	8256
24/07/2014	24/07/2014	1727,75	0,25	1728
27/11/2014	27/11/2014	3023	1	3024

Pencocokan atau *fitting* distribusi untuk data *maintenance* Turbin 103-J dapat dilihat pada halaman lampiran A.

Dari hasil uji distribusi oleh *software* Weibull 6++, turbin 103-JT mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi Weibull 2 parameter. Parameter distribusi Weibull 2 parameter didapatkan nilai *shape parameter*(β) sebesar 2,3142, *scale parameter*(θ) sebesar 32650. Nilai laju kegagalan didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.7. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari PT 1006 dapat dilihat pada gambar 4.9

❖ *Failure rate* (laju kegagalan)

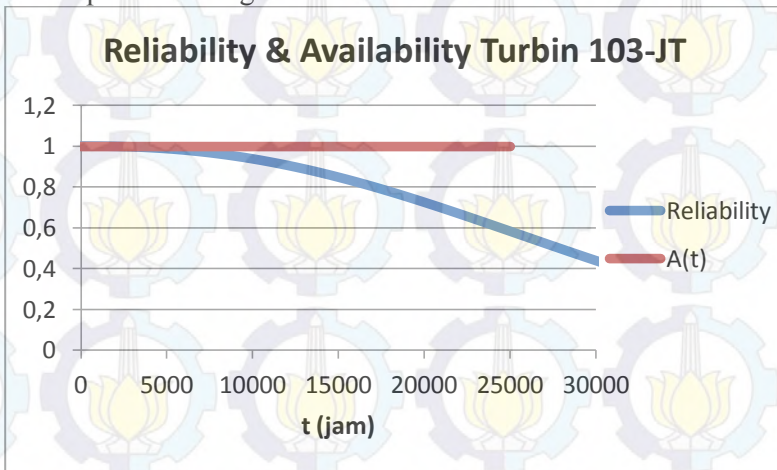


Gambar 4.9 Grafik *Failure Rate* Turbin 103-JT

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa laju kegagalan turbin 103-JT selalu meningkat atau IFR, maka dari itu turbin 103-J berada pada fase *wear out*. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa dengan distribusi Weibull 2 parameter, saat nilai *shape parameter*(β) lebih dari 2, maka laju kegagalannya memiliki karakteristik IFR. Nilai MTTF didapatkan menggunakan persamaan 2.10 adalah sebesar 28929,206.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) & ketersediaan (*Availability*)

Turbin 103-JT mempunyai distribusi Weibull 2 parameter. Maka untuk menghitung fungsi keandalannya terhadap waktu menggunakan persamaan 2.8. Dari hasil uji distribusi, data TBF mempunyai distribusi eksponensial dengan nilai $\lambda=0,0003$. Dengan menggunakan persamaan 2.15 didapatkan nilai MTBF sebesar 333,33. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut:



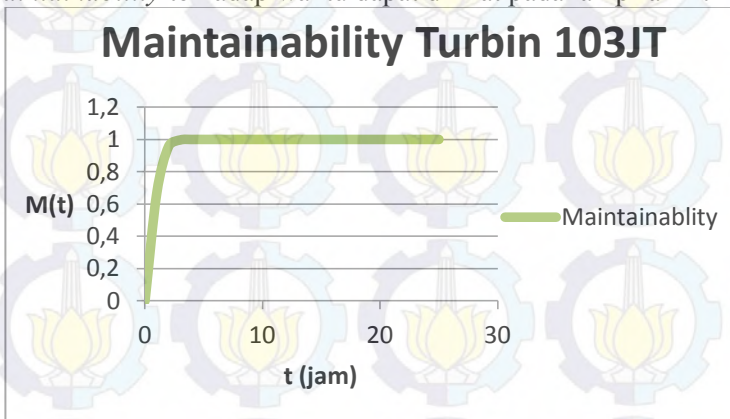
Gambar 4.10 Grafik *Reliability* dan *Availability* Turbin 103-JT

Dari grafik pada gambar 4.10 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari turbin 103-JT. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen turbin 103-JT semakin menurun. Turbin 103-J dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 17000 jam. Maka turbin 103-JT dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 17500 jam. Meskipun keandalan dari turbin 103-JT semakin menurun, namun turbin 103-JT mempunyai ketersediaan yang besar. turbin 103-JT memiliki *availability* sebesar

0,999746253. Maka kemampuan turbin 103-JT menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,98%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai untuk data TTR adalah distribusi Weibull 2 parameter dengan nilai *lamda shape parameter*(β) sebesar 1,5021, *scale parameter*(θ) sebesar 0,9383. Maka dengan menggunakan persamaan 2.10 nilai MTTR sebesar 0,846036961. Karena distribusi Weibull 2 parameter, maka untuk mendapatkan nilai $M(t)$ menggunakan persamaan 2.9. Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

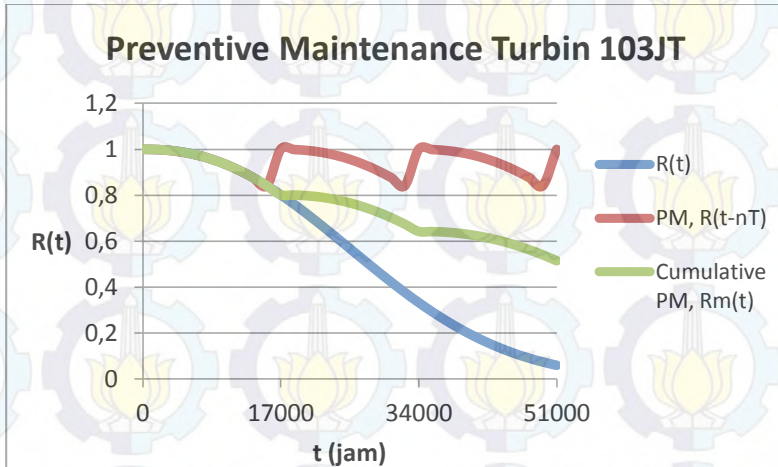


Gambar 4.11 Grafik *Maintainability* turbin 103-J

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.11, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 6 jam. Maka kemampuan turbin 103-JT untuk diberi *maintenance* adalah selama 6 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada Turbin 103-JT adalah 17000 jam. Karena pada 17000 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,8018455. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik *Preventive maintenance* Turbin 103-JT

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.12 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* dari turbin 103-JT, garis merah adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dan garis hijau adalah garis *reliability* dengan *cumulative preventive maintenance*. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *preventive maintenance*, turbin 103-JT mengalami peningkatan nilai *reliability*, sehingga keandalan turbin 103-J menjadi semakin baik. Seperti pada jam ke 34000 nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah sebesar 0,33. Namun setelah dilakukan *preventive maintenance* nilai *reliability* meningkat menjadi 0,65. Agar keandalan dari turbin tetap memenuhi target sebesar 0,8 atau 80%, disarankan untuk melakukan *preventive maintenance* setiap 1700 jam atau 23 bulan sekali.

4.1.4 Analisa Kuantitatif Governor 103-J

Data *maintenance* dan data kegagalan Governor 103-J yang didapat pada tahun 2009-2014 adalah sebagai berikut:

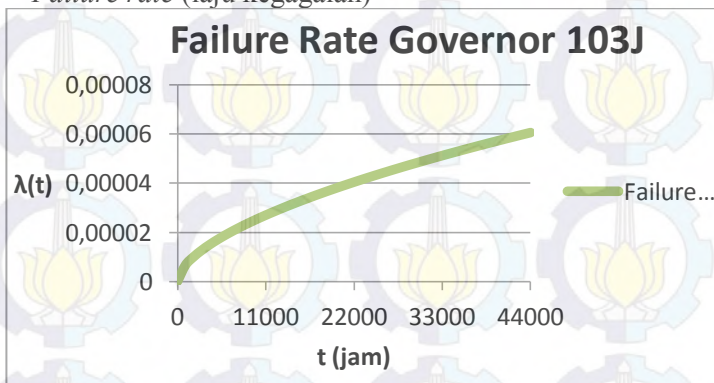
Tabel 4.4 Data *Maintenance Governor 103-J*

<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Faliure (jam)</i>
01/01/2009	01/01/2009	0	0	0
24/02/2010	24/02/2010	10055	1	10056
08/05/2010	08/05/2010	1751	1	1752
28/12/2012	28/12/2012	23159	1	23160
01/01/2013	01/01/2013	95	1	96
29/04/2014	29/04/2014	11591	1	11592

Pencocokan atau *fitting* distribusi untuk data *maintenance Governor 103-J* dapat dilihat pada halaman lampiran A.

Dari hasil uji distribusi oleh *software* Weibull 6++, *Governor 103-J* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi Weibull 2 parameter. Parameter distribusi Weibull 2 paramater didapatkan nilai *shape parameter*(β) sebesar 1,5838, *scale parameter*(θ) sebesar 31704. Nilai laju kegagalan didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.7. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Governor 103-J* dapat dilihat pada gambar 4.13

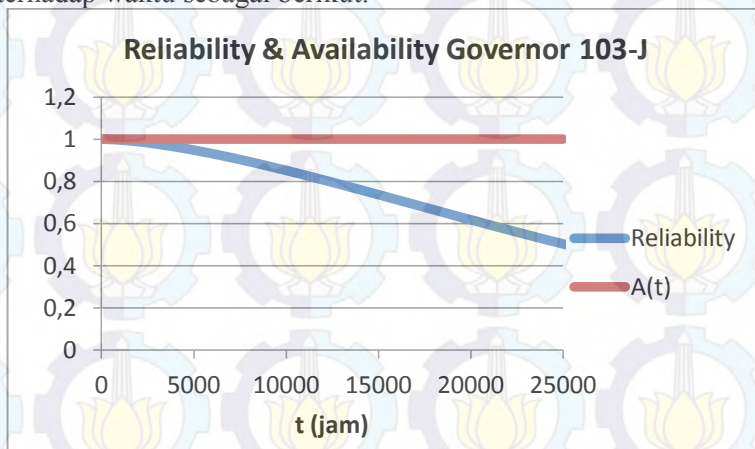
❖ *Failure rate* (laju kegagalan)

**Gambar 4.13** Grafik *Failure Rate Governor 103-J*

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.13 dapat dilihat bahwa laju kegagalan Governor 103-J selalu meningkat atau IFR, maka dari itu Governor 103-J berada pada fase *wear out*. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa dengan distribusi Weibull 2 parameter, saat nilai *shape parameter*(β) lebih dari 2, maka laju kegagalannya memiliki karakteristik IFR. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan 2.10 adalah sebesar 28446,09696.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) & ketersediaan (*Availability*)

Governor 103-J mempunyai distribusi Weibull 2 parameter. Maka untuk menghitung fungsi keandalannya terhadap waktu menggunakan persamaan 2.8. Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(t)$ dapat menggunakan persamaan 2.2, maka harus dicari dahulu nilai MTTF, MTTR dan MTBF. Dari hasil uji distribusi, data TBF mempunyai distribusi eksponensial dengan $\lambda = 0,0001$. Dengan menggunakan persamaan 2.15 didapatkan nilai MTBF sebesar 10000. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut:

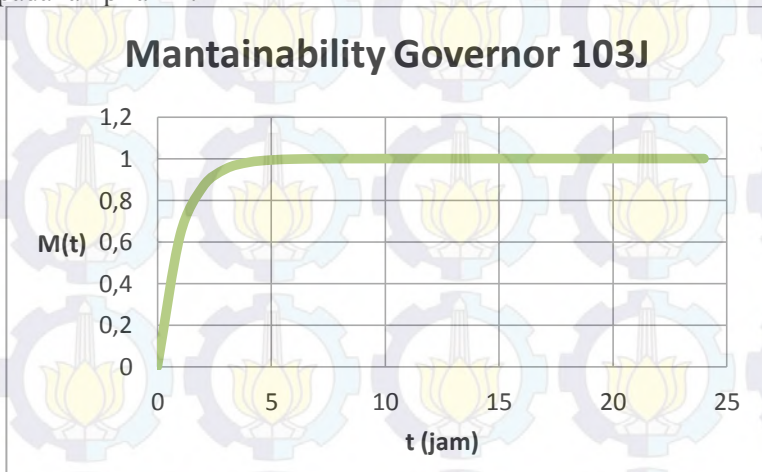


Gambar 4.14 Grafik *Reliability* dan *Availability* Governor 103-J

Dari grafik pada gambar 4.14 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari *governor* 103-J. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen turbin 103-JT semakin menurun. *Governor* 103-J dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 12000 jam. Maka *Governor* 103-J dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 12000 jam. Meskipun keandalan dari *Governor* 103-J semakin menurun, namun *Governor* 103-J mempunyai ketersediaan yang besar. *Governor* 103-J memiliki *availability* sebesar 0,999909915. Maka kemampuan *Governor* 103-J menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,99%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai untuk data TTR adalah distribusi eksponensial dengan nilai lamda $\lambda=1$. Maka nilai MTTR juga sebesar 1. Karena distribusi eksponensial, maka untuk mendapatkan nilai $M(t)$ menggunakan persamaan 2.14. Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

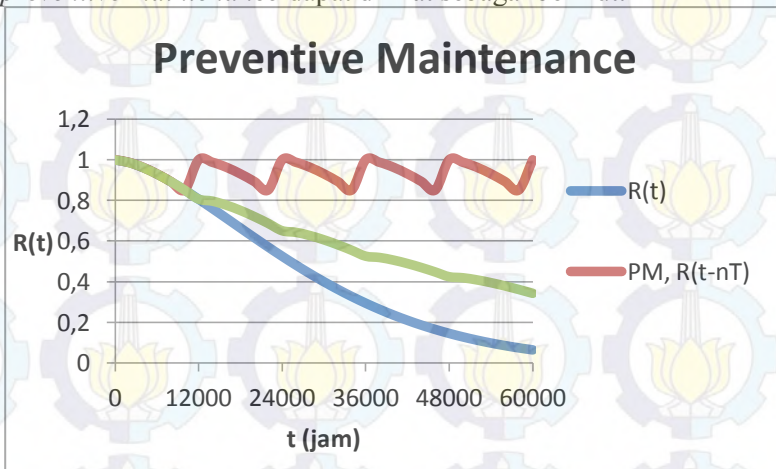


Gambar 4.15 Grafik *Maintainability* Governor 103-J

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.15, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan *governor* 103-J untuk diberi *maintenance* adalah selama 15 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Governor* 103-J adalah 12000 jam. Karena pada 12000 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,806819. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.16 Grafik *Preventive maintenance* Governor103-J

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.16 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* dari Governor103-J, garis merah adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dan garis hijau adalah garis *reliability* dengan *cumulative preventive maintenance*. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *preventive maintenance*, Governor103-J mengalami peningkatan nilai *reliability*, sehingga keandalan Governor103-J menjadi semakin baik. Seperti pada jam ke 48000 nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah sebesar 0,145323625.

Namun setelah dilakukan *preventive maintenance* nilai *reliability* meningkat menjadi 0,42374494. Agar keandalan dari turbin tetap memenuhi target sebesar 0,8 atau 80%, disarankan untuk melakukan *preventive maintenance* setiap 1200 jam atau sekitar 16 bulan sekali.

4.1.5 Analisa Kuantitatif Kompresor 103-J

Data *maintenance* dan data kegagalan kompresor 103-J yang didapat pada tahun 2009-2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data *Maintenance* Kompresor 103-J

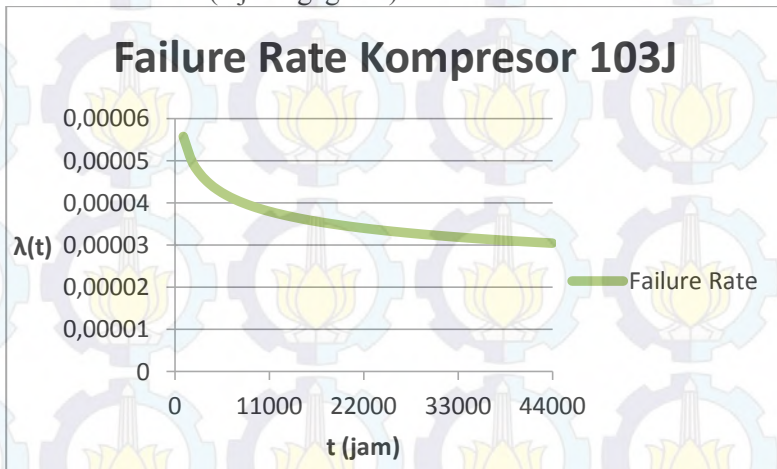
<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Faliure (jam)</i>
01/01/2009	02/01/2009	0	0	0
21/01/2009	21/01/2009	479,75	0,25	480
27/01/2009	27/01/2009	143	1	144
09/02/2009	09/02/2009	311,5	0,5	312
06/08/2009	06/08/2009	4271	1	4272
07/08/2009	07/08/2009	23,5	0,5	24
01/03/2010	01/03/2010	4941	3	4944
22/03/2010	22/03/2010	503	1	504
20/10/2010	20/10/2010	5087	1	5088
14/12/2010	14/12/2010	1319	1	1320
16/03/2011	16/03/2011	2207,5	0,5	2208
08/03/2012	08/03/2012	8590,5	1,5	8592
05/09/2012	05/09/2012	4343,75	0,25	4344
13/09/2012	13/09/2012	191,75	0,25	192
20/09/2012	20/09/2012	167,75	0,25	168
26/09/2012	26/09/2012	143,75	0,25	144
22/04/2013	22/04/2013	4991	1	4992
10/02/2014	10/02/2014	7053,5	2,5	7056
05/05/2014	05/05/2014	2015,75	0,25	2016

<i>Actual Started</i>	<i>Actual Complete</i>	<i>Time to Failure (jam)</i>	<i>Time To Repair (jam)</i>	<i>Time Between Faliure (jam)</i>
15/07/2014	15/07/2014	1703,5	0,5	1704
27/08/2014	27/08/2014	1031	1	1032

Pencocokan atau *fitting* distribusi untuk data *maintenance* kompresor 103-J dapat dilihat pada halaman lampiran A.

Dari hasil uji distribusi oleh *software* Weibull 6++, kompresor 103-J mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi Weibull 2 parameter. Parameter distribusi Weibull 2 paramater didapatkan nilai *shape parameter*(β) sebesar 0,8395, *scale parameter*(θ) sebesar 25266. Nilai laju kegagalan didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.7. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari kompresor 103-J dapat dilihat pada gambar 4.17

❖ *Failure rate* (laju kegagalan)



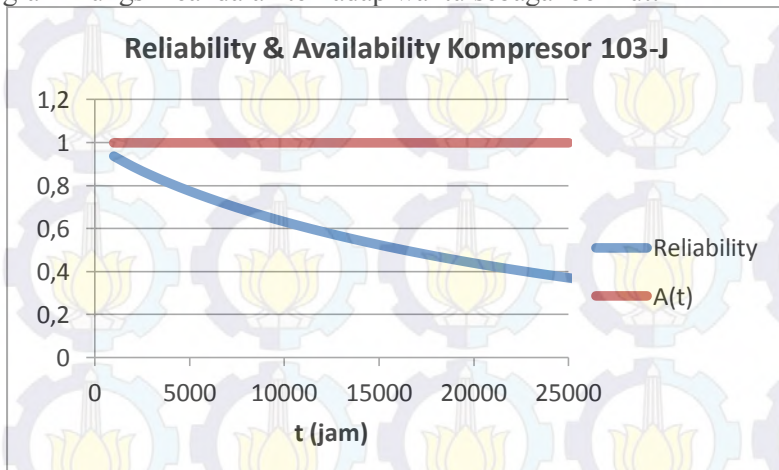
Gambar 4.17 Grafik *Failure Rate* PIC 9704

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.17 dapat dilihat bahwa laju kegagalan kompresor 103-J mengalami penurunan atau DFR, maka dari itu kompresor 103-J berada pada fase *burn-*

in. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa dengan distribusi Weibull 2 parameter, saat nilai *shape parameter*(β) kurang dari 1, maka laju kegagalannya memiliki karakteristik DFR. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan 2.10 adalah sebesar 27687,7461.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) & ketersediaan (*Availability*)

Kompresor 103-J mempunyai distribusi Weibull 2 parameter. Maka untuk menghitung fungsi keandalannya terhadap waktu menggunakan persamaan 2.8. Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(t)$ dapat menggunakan persamaan 2.2, maka harus dicari dahulu nilai MTTF, MTTR dan MTBF. Dari hasil uji distribusi, data TBF mempunyai distribusi Weibull 2 parameter dengan nilai *shape parameter*(β) sebesar 0,727, *scale parameter*(θ) sebesar 2178,9234. Dengan menggunakan persamaan 2.10 didapatkan nilai MTBF sebesar 2671,752295. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut:



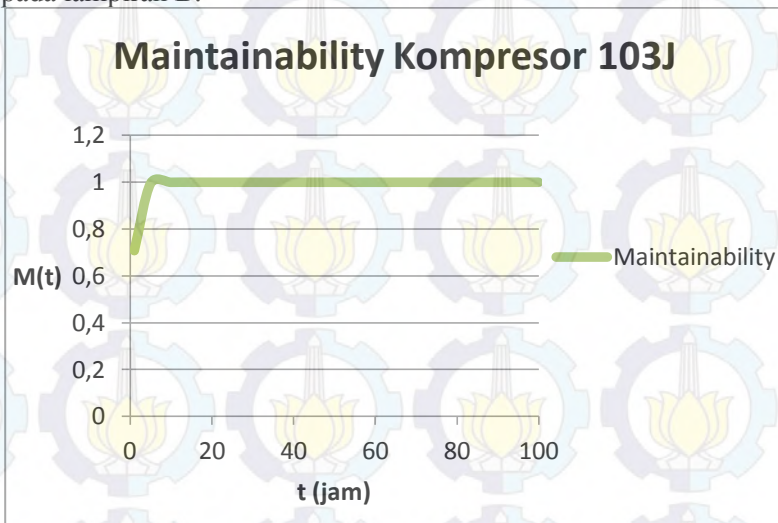
Gambar 4.18 Grafik *Reliability* Kompresor 103-J

Dari grafik pada gambar 4.18 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari kompresor

103-J. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen turbin 103-JT semakin menurun. Kompresor 103-J dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 4000 jam. Maka kompresor 103-J dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 4000 jam. Meskipun keandalan dari *Governor* 103-J semakin menurun, namun kompresor 103-J mempunyai ketersediaan yang besar. Kompresor 103-J memiliki *availability* sebesar 0,999668655. Maka kemampuan kompresor 103-J menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,96%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai untuk data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean(μ)=-0,4335 dan std(σ)= 0,7899. Maka nilai MTTR dengan menggunakan persamaan 2.25 adalah sebesar 0,885565376. Karena distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan nilai $M(t)$ menggunakan persamaan 2.24. Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

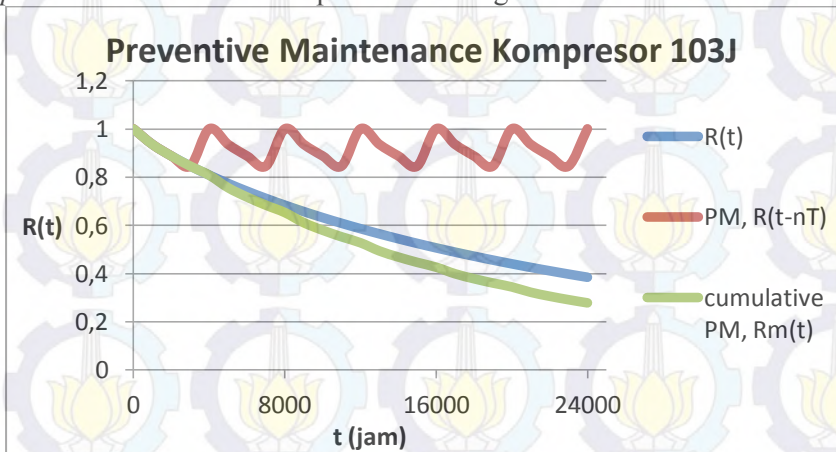


Gambar 4.19 Grafik *Maintainability* Kompresor 103-J

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.19, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 60 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada kompresor 103-J adalah 4000 jam. Karena pada 4000 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,808306554. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.20 Grafik *Preventive maintenance* Kompresor 103-J

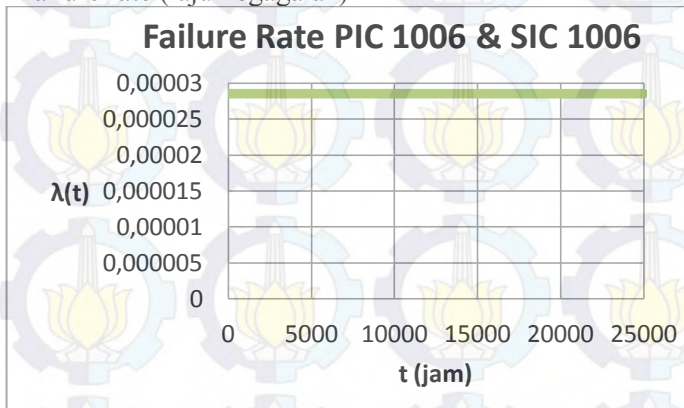
Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.20 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* dari kompresor 103-J, garis merah adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance* dan garis hijau adalah garis *reliability* dengan *cumulative preventive maintenance*. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *preventive maintenance*, kompresor 103-J mengalami penurunan nilai *reliability*, sehingga keandalan kompresor 103-J menjadi semakin kecil. Seperti pada jam ke 24000 nilai *reliability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* adalah sebesar 0,383750463. Namun setelah dilakukan *preventive maintenance* nilai *reliability*

menurun menjadi 0,278905194. Hal ini dikarenakan karakteristik *failure rate* yang DFR. *Preventive maintenance* menjadi tidak berpengaruh karena komponen masih dalam kondisi bagus dan baru. Agar keandalan dari kompresor 103-J tetap memenuhi target sebesar 0,8 atau 80%, disarankan untuk melakukan *preventive maintenance* setiap 4000 jam atau sekitar 5 bulan sekali.

4.1.6 Analisa Kuantitatif PIC 1006 & SIC 1006

Karena tidak ada nya data *maintenance* yang didapatkan dari perusahaan, maka data untuk *failure rate* diambil dari OREDA (*Offshore Reliability Data*) 2009. *Failure rate* untuk PIC 1006 dan SIC 1006 dapat dihitung dengan mengambil data mean dan interval waktu dari *Control Logic Unit*. Masing-masing nilai mean dan interval waktu adalah 28,54 dan per 10^6 jam. Maka didapatkan nilai $\lambda(t)=0,00002854$. Grafik dari *failure rate* atau laju kegagalan dapat dilihat pada gambar 4.21

❖ Failure rate (laju kegagalan)

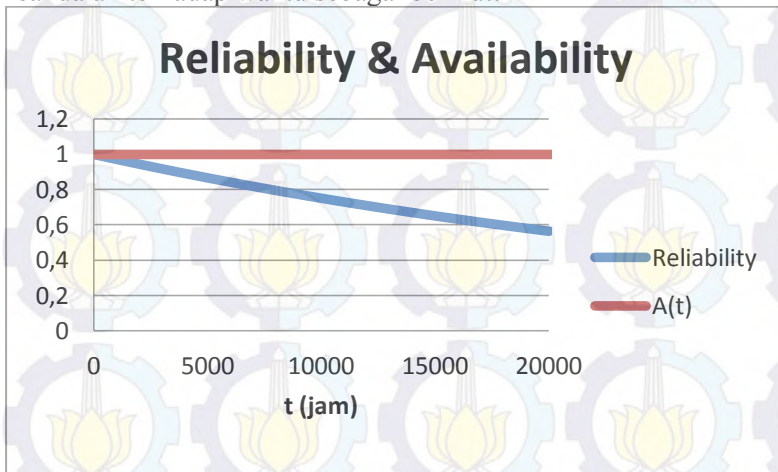


Gambar 4.21 Grafik *Failure Rate* PIC 1006 & SIC 1006

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.21 dapat dilihat bahwa laju kegagalan PIC 1006 & SIC 1006 adalah konstan atau CFR, maka dari itu PIC 1006 & SIC 1006 berada pada fase *useful life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan 2.15 adalah sebesar 35038,5424.

❖ Fungsi keandalan (*Reliability*) & ketersediaan (*Availability*)

Fungsi keandalan terhadap waktu dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12. Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(i)$ dapat menggunakan persamaan 2.2. Perhitungan fungsi keandalan dan ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut:

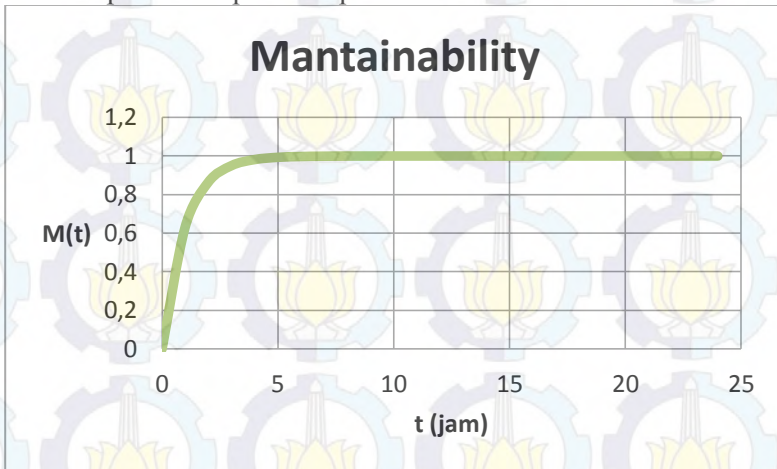


Gambar 4.22 Grafik *Reliability* PIC 1006 & SIC 1006

Dari grafik pada gambar 4.22 di atas, garis biru adalah *reliability* dan garis merah adalah *availability* dari PIC 1006 & SIC 1006. Dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen turbin 103-JT semakin menurun. PIC 1006 & SIC 1006 dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 7000 jam. Maka PIC 1006 & SIC 1006 dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 7000 jam. Meskipun keandalan dari PIC 1006 & SIC 1006 semakin menurun, namun PIC 1006 & SIC 1006 mempunyai ketersediaan yang besar. PIC 1006 & SIC 1006 memiliki *availability* sebesar 0,999971462. Maka kemampuan PIC 1006 & SIC 1006 menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,99%.

❖ *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari OREDA 2009 dengan mengambil nilai mean *active repair hours* pada *Control Logic Unit*, yaitu sebesar 1. Maka nilai λ pun adalah 1. Nilai $M(t)$ dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14. Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

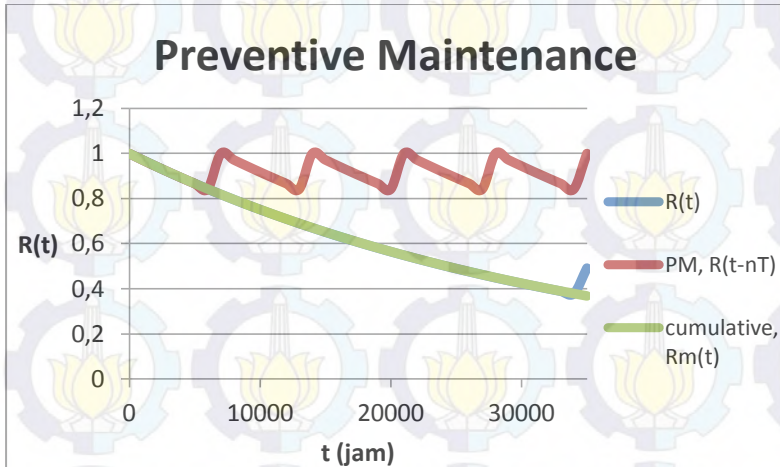


Gambar 4.23 Grafik *Maintainability* PIC 1006 & SIC 1006

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.23, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan komponen PIC 1006 & SIC 1006 untuk diberi *maintenance* adalah selama 15 jam.

❖ *Preventive maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada PIC 1006 & SIC 1006 adalah 7000 jam. Karena pada 7000 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,818910894. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:

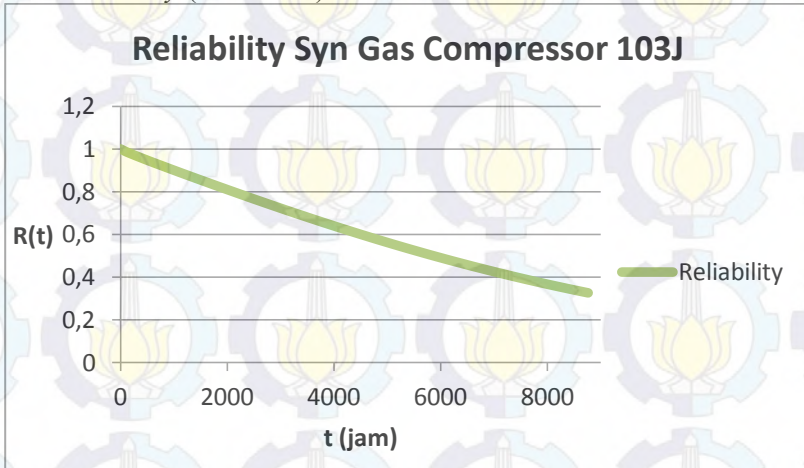


Gambar 4.24 Grafik *Preventive maintenance* PIC 1006 & SIC 1006

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.24 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari PIC 1006 & SIC 1006 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Garis merah dan biru hampir sama dan saling berhimpit, hal ini berarti nilai *reliability* tidak mengalami perubahan walaupun dilakukan *preventive maintenance*.

4.1.7 Analisa Kuantitatif Sistem *Synthesis Gas Compressor*

Analisa kuantitatif untuk sistem *syn gas compressor* dihitung dengan menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*). Konfigurasi RBD untuk sistem *syn gas compressor* dapat dilihat pada lampiran E. Dengan menggunakan metode RBD, didapatkan *reliability* atau keandalan serta *availability* dari sistem *syn gas compressor*. *Reliability* dan *availability* dihitung dengan persamaan masing-masing, yaitu 2.27 dan 2.28 untuk konfigurasi seri, 2.29 dan 2.30 untuk konfigurasi paralel. Berikut adalah hasil *reliability* sistem *syn gas compressor*.

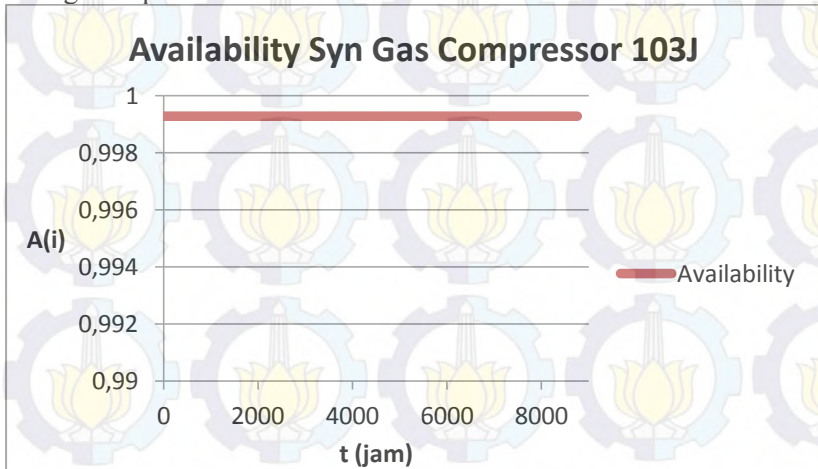
❖ *Reliability* (keandalan)

Gambar 4.25 Grafik *Reliability* Sistem *Synthesis Gas Compressor*

Dari grafik *reliability* yang dihasilkan oleh *Synthesis Gas Compressor* pada gambar 4.25, *Synthesis Gas Compressor* dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 2000 jam. Maka *Synthesis Gas Compressor* dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 2000 jam. Namun saat di 8760 jam, nilai keandalan *Synthesis Gas Compressor* menjadi 0,326381031. Nilai ini cukup kecil bila dibandingkan dengan komponen PT 1006 dimana saat 8000 jam nilai keandalannya masih 0,729765521. Hal ini dikarenakan keandalan dari sistem *syn gas compressor* bergantung pada komponen-komponen yang ada didalamnya, seperti yang telah dijelaskan pada konfigurasi RBD pada lampiran D. Hal ini juga dikarenakan sistem telah beroperasi dengan waktu yang sangat lama dari tahun 1994, maka semakin lama nilai keandalan akan semakin kecil karena adanya kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi selama sistem beroperasi.

❖ *Availability* (Ketersediaan)

Untuk mendapatkan nilai *availability* $A(i)$ atau ketersediaan dari *syn gas compressor* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.28 untuk konfigurasi seri dan persamaan 2.30 untuk konfigurasi paralel.



Gambar 4.26 Grafik *Availability* Sistem *Syn Gas Compressor* 103-J

Berdasarkan grafik *availability* pada gambar 4.26, nilai *availability* dari *syn gas compressor* didapatkan sebesar 0,999286473. Maka sistem *syn gas compressor* memiliki ketersediaan yang tinggi yaitu sebesar 99,93%.

4.2. Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif *reliability syn gas compressor* dilakukan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Dengan menggunakan metode FTA, didapatkan *top event* dan *basic event* dari BPCS yang dapat menyebabkan sistem *syn gas compressor* gagal. FTA dari *synthesis gas compressor* dapat dilihat pada lampiran D. Dengan menggunakan metode FTA dapat dihitung *reliability* dari *synthesis gas compressor* 103-J dengan menggunakan logika yang ada. Untuk logika *AND* menggunakan persamaan seperti pada konfigurasi paralel. Namun untuk logika

OR menggunakan persamaan seperti pada konfigurasi seri. Karena *synthesis gas compressor* hanya mempunyai logika OR, maka persamaan yang digunakan adalah:

$$R(t) = R_a * R_b \quad (4.1)$$

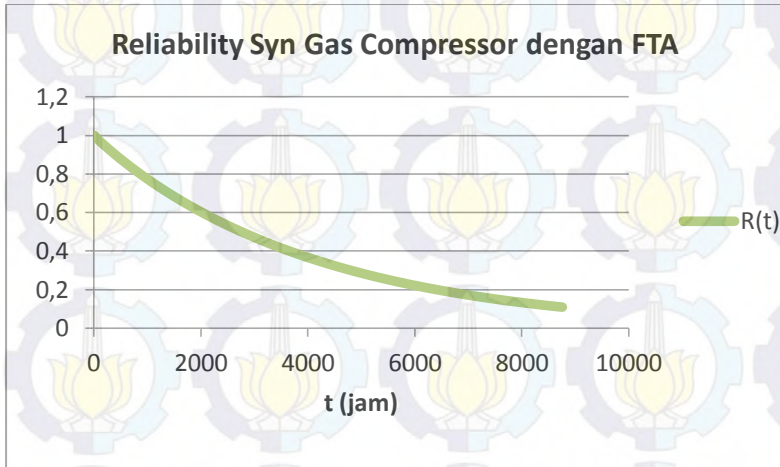
Tabel 4.6 Data *Reliability* Komponen *Syn Gas Compressor* Pada Jam ke-8760

Komponen	Reliability
PT 1006	0,708248655
PIC 1006	0,778792684
SIC 1006	0,778792684
speed sensor	0,45419737
governor 103-J	0,877745326
Turbin 103-JT	0,953503872
Kompresor 103-J	0,663011407

Dengan menggunakan data pada tabel 4.6 di atas, dapat menjadi contoh perhitungan *reliability* menggunakan analisa kualitatif dengan FTA. Karena komponen-komponen tersebut hanya memiliki logika OR semua, maka perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 4.1.

$$\begin{aligned}
 R(8760) &= R_{PT\ 1006} * R_{PIC\ 1006} * R_{SIC\ 1006} * R_{speed\ sensor} * R_{governor} * R_{turbin} * R_{kompresor} \\
 R(8760) &= 0,708248655 * 0,778792684 * 0,778792684 * 0,45419737 * 0,877745326 * 0,953503872 * 0,663011407 \\
 R(8760) &= 0,108264503
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *reliability* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C. Dengan menggunakan persamaan 4.1, didapatkan *reliability* pada *synthesis gas compressor* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.27 Grafik *Reliability Synthesis Gas Compressor* dengan Metode FTA

Dari grafik *reliability* yang dihasilkan oleh *Synthesis Gas Compressor* pada gambar 4.25, *Synthesis Gas Compressor* dapat mencapai nilai keandalan 0,8 pada rentang waktu 900 jam. Maka *Synthesis Gas Compressor* dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 80% adalah pada 900 jam. Namun saat di 8760 jam, nilai keandalan *Synthesis Gas Compressor* menjadi 0,108264503. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai *reliability syn gas compressor* yang menggunakan metode RBD. *Reliability syn gas compressor* dengan metode RBD dan FTA hanya memiliki selisih sebesar 0,218116529.

4.3. Rekomendasi *Maintenance* Komponen *Synthesis Gas Compressor* 103-J

Berdasarkan analisa kuantitatif yang telah dilakukan, dapat dibuat rekomendasi *maintenance* atau perawatan yang tepat dan sesuai pada komponen-komponen instrumentasi *syn gas compressor*. Rekomendasi *maintenance* disesuaikan berdasarkan nilai *failure rate* atau laju kegagalan dari setiap komponen.

Tabel 4.7 Rekomendasi *Maintenance* Komponen *Synthesis Gas Compressor*

Komponen	Distribusi Data	Karakteristik <i>failure rate</i>	R(t) pada 8760 jam	Rekomendasi <i>maintenance</i>
PT 1006	Eksponensial	CFR ($\lambda=0,000039379$)	0,708248 655	<i>Corrective maintenance</i>
<i>Speed sensor</i>	Eksponensial	CFR ($\lambda=0,000090094$)	0,454197 37	<i>Corrective maintenance</i>
PIC 1006	Eksponensial	CFR ($\lambda=0,00002854$)	0,778792 684	<i>Corrective maintenance</i>
SIC 1006	Eksponensial	CFR ($\lambda=0,00002854$)	0,778792 684	<i>Corrective maintenance</i>
<i>Governor 103-J</i>	Weibull 2 parameter	IFR ($\beta= 1,5838$)	0,877745 326	<i>Preventive maintenance</i>
Turbin 103-JT	Weibull 2 parameter	IFR ($\beta= 2,3142$)	0,953503 872	<i>Preventive maintenance</i>
Kompresor 103-J	Weibull 2 parameter	DFR ($\beta= 0,8395$)	0,663011 407	<i>Preventive maintenance</i>

Dari hasil analisa kuantitatif pada tabel 4.6 yang ada di atas, dapat dilihat rekomendasi *maintenance* yang diberikan pada setiap komponen *syn gas compressor*. *Preventive maintenance* diberikan untuk komponen yang memiliki *failure rate* IFR dan DFR. Hal ini dikarenakan komponen yang laju kegagalannya meningkat dan menurun memiliki resiko kegagalan yang tinggi, sehingga perlu dilakukan perawatan terjadwal untuk menghindari terjadinya kerusakan. *Corrective maintenance* diberikan pada komponen yang memiliki karakteristik *failure rate* CFR. Hal ini dikarenakan komponen yang laju kegagalan konstan masih dalam kondisi yang baik dan memiliki resiko kegagalan yang rendah, sehingga hanya perlu perbaikan jika komponen rusak. Karena jika dilakukan *preventive maintenance* hanya akan membuang tenaga dan biaya

4.4. Analisa *Safety Integrity Level* (SIL)

Untuk analisa *safety integrity level* (SIL) pada *syn gas compressor* 103-J dihitung dari *Safety Instrumented System* (SIS). Untuk SIS pada *synthesis gas compressor* terdiri dari komponen-

komponen *safety* yang digunakan untuk *shutdown system*. Dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.8 Komponen Pembentuk SIS untuk *Shutdown Sytem*

<i>Sensor</i>	<i>Logic Solver</i>	<i>Final element</i>
<i>Vibrasi</i>	PLC Safety Manager Honeywell	Solenoid valve
Tekanan		
Suhu		
Level		

Dari tabel 4.7 di atas, dapat dilihat bahwa SIS untuk *shutdown system* terdiri dari 4 komponen sensor, 1 *logic solver* dan 1 aktuator. Untuk menentukan nilai SIL dengan menghitung *Probability of Failure on Demand* (PFD) dari masing-masing komponen. PFD masing-masing komponen dihitung dengan 3 *test interval*, yaitu 720 jam atau 1 bulan, 4320 jam atau 6 bulan dan 8760 jam atau 1 tahun. Setelah itu dihitung PFD_{sys} dengan menggunakan persamaan 2.31. Untuk menghitung nilai *Risk Reduction Function* (RRF) dengan menggunakan persamaan 2.34.

Tabel 4.9 Perhitungan PFD dan RRF *Synthesis GasCompressor* Pada Kondisi Sekarang (*Vooting 1001*)

Komponen		$\lambda(t)$	PFD ($T_i=4320$ jam)	PFD ($T_i=8760$ jam)
Sensor	Vibrasi	0,000090094	0,19460304	0,39461172
	Level	0,000090105	0,194627	0,3946599
	Pressure	0,000090094	0,194603	0,39461172
	Temperature	0,000090094	0,194603	0,39461172
logic solver	PLC SM Honeywell	-	0,0005	0,0005
Final element	selenoid valve	0,000090095	0,194605	0,3946161
PFD System			0,97354112	1,97361116
RRF			1,027177979	0,5068542

Berdasarkan perhitungan PFD dan RRF yang telah dilakukan seperti pada tabel 4.8 di atas, didapatkan nilai PFD dari masing-masing komponen dan PFD dari sistem *safety syn gas compressor*. Dengan *tes interval* sebesar 4320 jam dan 8760 jam, *syn gas compressor* memiliki tingkatan SIL 0 dengan nilai PFD masing-masing 0,973779 dan 1,97361116. Nilai RRF untuk masing-masing *test interval* 4320 jam dan adalah 1,027177979 dan 0,5068542.

Berdasarkan tingkatan SIL yang telah didapat, SIL 0 merupakan tingkatan SIL yang paling rendah dan memiliki nilai RRF yang sangat kecil. Nilai SIL dan RRF dapat ditingkatkan agar sistem *syn gas compressor* mempunyai tingkatan *safety* yang lebih baik. Untuk meningkatkan nilai SIL dan RRF dapat menggunakan metode dengan mengganti laju kegagalan komponen yang lebih kecil, dengan merubah *test interval* (T_i) dan mendesain arsitektur dari sistem *syn gas compressor*. Untuk mengganti nilai *failure rate* yang lebih kecil, sesuaikan dahulu dengan target SIL yang diinginkan. Target SIL yang diinginkan adalah SIL 1 dengan rentang nilai PFD adalah 0,1-0,01.

Tabel 4.10 Perhitungan PFD dan RRF dengan Mengganti Laju Kegagalan (λ)

Komponen		λ (failure rate)	PFD ($T_i=4320$ jam)	λ (failure rate)	PFD ($T_i=8760$ jam)
Sensor	Vibrasi	4,62963E-06	0,01	4,56621E-06	0,02
	Level	4,62963E-06	0,01	4,56621E-06	0,02
	Pressure	4,62963E-06	0,01	4,56621E-06	0,02
	Temperature	4,62963E-06	0,01	4,56621E-06	0,02
logic solver	PLC SM Honeywell	2,31481E-07	0,0005	1,14155E-07	0,0005
Aktuator	solenoid valve	4,62963E-06	0,01	4,56621E-06	0,02
PFD Sistem			0,0505		0,1005
RRF			19,8019802		9,95024876

SIL dari *syn gas compressor* meningkat menjadi SIL 1. Namun setiap komponen dari *syn gas compressor* harus mempunyai laju kegagalan yang sesuai dengan tabel 4.9 di atas. Maka dengan kata lain, komponen tersebut harus diganti agar mempunyai laju kegagalan yang sesuai sehingga SIL dari sistem dapat menjadi SIL 1.

Sistem *safety syn gas compressor* memiliki arsitektur 1001. Nilai SIL dan RRF dapat ditingkatkan dengan arsitektur 1002. Arsitektur 1002 memiliki persamaan untuk menghitung PFD dari masing-masing komponen, yaitu:

$$PFD = \frac{\lambda^2(Ti^2)}{4} \quad (4.2)$$

$$PFD = \frac{\lambda^2(Ti^2)}{3} \quad (4.3)$$

Persamaan 4.2 digunakan untuk menghitung PFD komponen sebelum *logic solver* atau sensor dan persamaan 4.3 digunakan untuk menghitung komponen setelah *logic solver* atau *final element*. Perhitungan nilai SIL dan RRF untuk arsitektur 1002 dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.11 Perhitungan PFD dan RRF *Synthesis Gas Compressor* dengan *Voting* 1002

Komponen		$\lambda(t)$	PFD ($Ti=720jam$)	PFD ($Ti=4320jam$)
Sensor	Vibrasi	0,000090094	0,00105195	0,03787034
	Level	0,000090105	0,00105221	0,03787959
	Pressure	0,000090094	0,00105195	0,03787034
	Temperature	0,000090094	0,00105195	0,03787034
logic solver	PLC SM Honeywell	-	0,0005	0,0005
aktuator	selenoid valve	0,000090095	0,00140264	0,05049491
PFD System			0,00611071	0,20248553
RRF			163,647125	4,93862444

Berdasarkan perhitungan PFD dan RRF yang telah dilakukan untuk arsitektur 1002 seperti pada tabel 4.10 di atas, didapatkan nilai PFD dari masing-masing komponen dan PFD dari sistem *safety syn gas compressor*. Dengan *tes interval* sebesar 720 jam dan 4320 jam, *syn gas compressor* memiliki tingkatan SIL 1 dengan nilai PFD masing-masing 0,00611071 dan 0,20248553. Nilai RRF untuk masing-masing *test interval* 720 jam dan 4320 jam adalah 163,647125 dan 4,93862444. Dapat dilihat bahwa dengan menggunakan arsitektur 1002 dari sistem *syn gas compressor* dapat meningkatkan nilai SIL dan memperbesar RRF. Sehingga tingkatan *safety* dan faktor penurunan resiko sistem *syn gas compressor* menjadi lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada tugas akhir mengenai “Analisis *Reliability* dan *Safety Integrity Level* (SIL) pada *Synthesis Gas Compressor* 103-J di Pabrik I PT Petrokimia Gresik” kali ini adalah:

1. Nilai *reliability* dalam jangka waktu 8760 jam atau 1 tahun untuk komponen PT 1006 adalah sebesar 0,708248655, *sensor speed* sebesar 0,45419737, PIC 1006 dan SIC 1006 sebesar 0,778792684, *governor* 103-J sebesar 0,877745326, turbin 103-JT sebesar 0,953503872 dan kompresor 103-J adalah sebesar 0,663011407. Semua komponen BPCS *syn gas compressor* memiliki nilai *availability* yang tinggi sebesar 99,9%.
2. *Syn gas compressor* mencapai nilai *reliability* 0,8 pada 2000 jam, maka *syn gas compressor* dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 80% pada 2000 jam. *Syn gas compressor* memiliki ketahanan 93%. Nilai *reliability* pada 8760 jam adalah 0,3.
3. Analisa kualitatif dengan FTA didapatkan *top event* dan *basic event* yang dapat menyebabkan sistem *syn gas compressor* gagal. Dengan menggunakan FTA, nilai *reliability synthesis gas compressor* pada 8760 jam atau 1 tahun adalah 0,1.
4. Berdasarkan hasil analisa kuantitatif, komponen yang mendapat *preventive maintenance* adalah komponen yg memiliki laju kegagalan DFR dan IFR, yaitu *governor* 103-J; turbin 103-JT dan kompresor 103 J. Sedangkan komponen yang mendapat *corrective maintenance* adalah komponen yang memiliki laju kegagalan CFR, yaitu PT 1006, *speed sensor*, PIC 1006 dan SIC 1006.
5. *Syn gas compressor* memiliki tingkatan SIL 0 dengan PFD 0,16271312 pada 720 jam dan 0,973779 pada 4320 jam. Nilai SIL dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode mendesain arsitektur sistem *syn gas compressor* menjadi

arsitektur 1002 sehingga SIL meningkat menjadi SIL 1 dengan PFD 0,00611071 pada 720 jam dan 0,20248553 pada 4320 jam.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dapat dikembangkan analisa kualitatif *synthesis gas compressor* 103-J dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis*(FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
2. Dapat dikembangkan dengan menganalisis HAZOP agar dapat mengetahui bahaya dan konsekuensi yang bisa terjadi pada sistem *syn gas compressor* 103-J

DAFTAR PUSTAKA

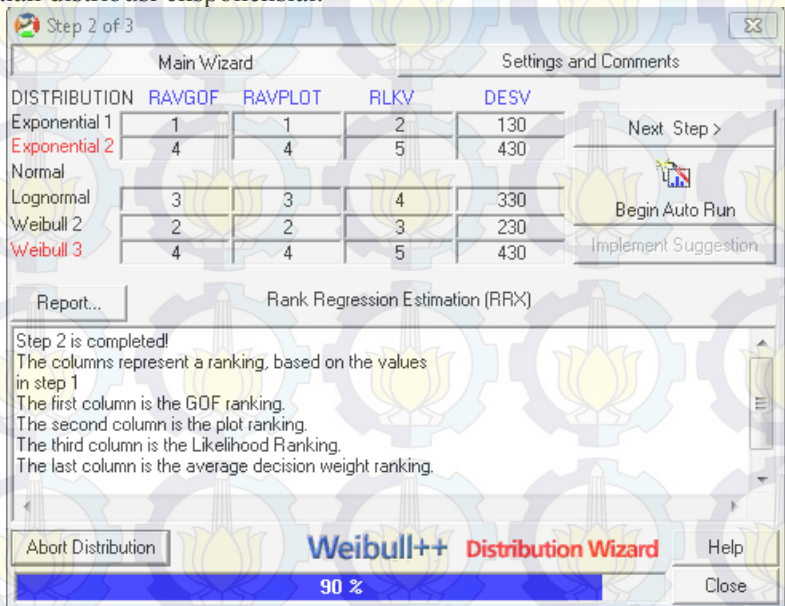
- [1] PT Petrokimia Gresik. **Bagian Pabrik Amonia Pabrik I**
- [2] C. E. Ebeling, "**An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**", Singapura: Mc-Grow Hill Book.co, 1997.
- [3] Eduardo. C., "**Gas and Oil Reliability Engineering**," 2012.
- [4] R. Dewi Nur, "**Evaluasi Reliability dan Safety Pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator Di PT. Petrokimia Gresik**", Surabaya: Teknik Fisika ITS, 2013.
- [5] Sudarta, "**Evaluasi Reliability Pada Sistem Crusher Untuk Memperbaiki Kinerja Maintenance Di PT Semen Gresik**", Surabaya: Department of Engineering Physics, 2008.
- [6] Pradipto. Ryan, "**Analisa Reliability dari Basic Process Control System (BPCS) dan Safety Instrumented System (SIS) pada Separator PV 9700 di JOB Pertamina-Petrocina Tuban**", Surabaya: Teknik Fisika ITS, 2015.
- [7] Yuhelson, Bustami Syam, Sukaria Sunalingga, Ikhwansyah Isranuri, "**Analisis Reliability dan Availability Mesin Pabrik Kelapa Sawit PT Perkebunan Nusantara 3**", Medan: Jurnal Dinamis, 2010.
- [8] B. Roy, Ronald N. Allan, "**Reliability Evaluation of Engineering System**", New York and London: Plenum Press.
- [9] IEC 611508/61511. 2007. "**Manual Safety Integrity Level (SIL)**". Pepperl+Fuchs

LAMPIRAN A

Fitting data oleh software Reliasoft Weibull 6++

❖ *Speed sensor 103-J*

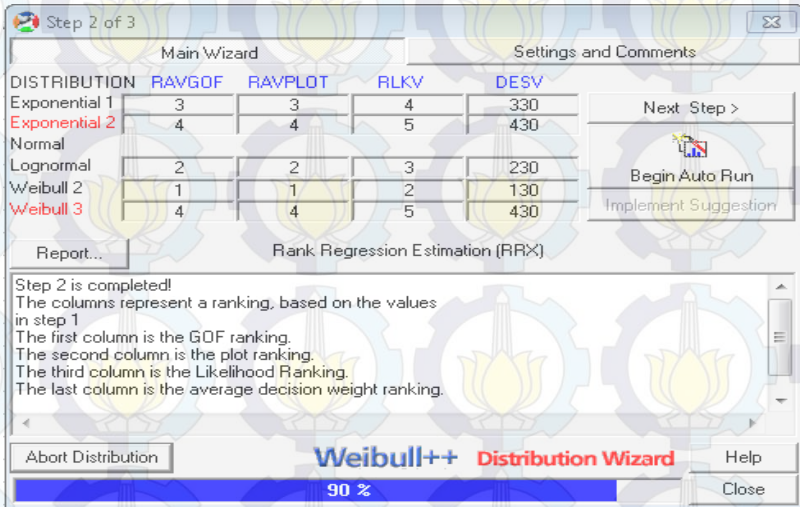
Fitting distribusi menggunakan menggunakan metode *average goodness of fit*, normalisasi, dan *likelihood function*. Berdasarkan gambar di bawah, dapat dilihat pada RAVGOV, RAVPLOT, RLKV memiliki *ranking* tertinggi pada distribusi eksponensial dengan nilai rata-rata DESV sebesar 130. Maka komponen *speed sensor* memiliki distribusi yang paling sesuai adalah distribusi eksponensial.



Gambar *Fitting* Distribusi *Speed Sensor 103-J*

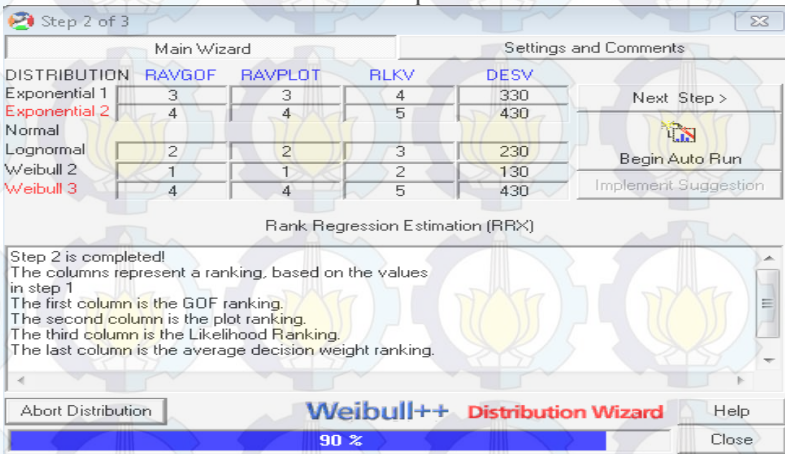
❖ *Governor 103-J*

Berdasarkan gambar di bawah, dapat dilihat pada RAVGOV, RAVPLOT, RLKV memiliki *ranking* tertinggi pada distribusi weibull 2 parameyer dengan nilai rata-rata DESV sebesar 130. Maka komponen *speed sensor* memiliki distribusi yang paling sesuai adalah distribusi weibull 2 parameter.

Gambar *Fitting* Distibusi Governor 103-J

❖ Turbin 103-JT

Berdasarkan gambar di bawah, dapat dilihat pada RAVGOV, RAVPLOT, RLKV memiliki *ranking* tertinggi pada distribusi weibull 2 parameyer dengan nilai rata-rata DESV sebesar 130. Maka komponen *speed sensor* memiliki distribusi yang paling sesuai adalah distribusi weibull 2 parameter.

Gambar *Fitting* Distibusi Turbin 103-J

❖ Kompresor 103-J

Berdasarkan gambar di bawah, dapat dilihat pada RAVGOV, RAVPLOT, RLKV memiliki *ranking* tertinggi pada distribusi weibull 2 parameyer dengan nilai rata-rata DESV sebesar 160. Maka komponen *speed sensor* memiliki distribusi yang paling sesuai adalah distribusi weibull 2 parameter.

Step 2 of 3

	RAVGOF	RAVPLOT	RLKV	DESV
Exponential 1	3	2	2	250
Exponential 2	4	4	5	430
Normal				
Lognormal	2	3	4	280
Weibull 2	1	1	3	160
Weibull 3	4	4	5	430

Rank Regression Estimation (RRX)

Step 2 is completed!
 The columns represent a ranking, based on the values in step 1.
 The first column is the GOF ranking.
 The second column is the plot ranking.
 The third column is the Likelihood Ranking.
 The last column is the average decision weight ranking.

90 %

Gambar *Fitting* Distribusi Kompresor 103-J

halaman ini sengaja dikosongka

LAMPIRAN B

Hasil Perhitungan Analisa Kuantitatif

❖ PT 1006

Tabel Pehitungan *Reliability* PT 1006

t (jam)	R(t)	A(i)	t (jam)	M(t)
0	1	0,999364	1	0
500	0,980503	0,999364	2	0,632121
1000	0,961386	0,999364	3	0,864665
1500	0,942642	0,999364	4	0,950213
2000	0,924264	0,999364	5	0,981684
2500	0,906243	0,999364	6	0,993262
3000	0,888574	0,999364	7	0,997521
3500	0,87125	0,999364	8	0,999088
4000	0,854263	0,999364	9	0,999665
5000	0,821277	0,999364	10	0,999955
5500	0,805264	0,999364	11	0,999983
6000	0,789564	0,999364	12	0,999994
6500	0,77417	0,999364	13	0,999998
7000	0,759076	0,999364	14	0,999999
7500	0,744277	0,999364	15	1
8000	0,729766	0,999364	16	1
8500	0,715537	0,999364	17	1
9000	0,701587	0,999364	18	1
9500	0,687908	0,999364	19	1
10000	0,674496	0,999364	20	1

❖ *Speed Sensor* 103-J

t (jam)	R(t)	A(i)	t (jam)	M(t)
0	1	0,999898	0	0
200	0,982143	0,999898	1	0,632083

t (jam)	R(t)	A(i)	t (jam)	M(t)
400	0,964604	0,999898	2	0,864637
600	0,947379	0,999898	3	0,950198
800	0,930461	0,999898	4	0,981677
1000	0,913845	0,999898	5	0,993259
1200	0,897526	0,999898	6	0,99752
1400	0,881499	0,999898	7	0,999087
1600	0,865758	0,999898	8	0,999664
1800	0,850297	0,999898	9	0,999876
2000	0,835113	0,999898	10	0,999955
2200	0,8202	0,999898	11	0,999983
2400	0,805554	0,999898	12	0,999994
2600	0,791168	0,999898	13	0,999998
2800	0,77704	0,999898	14	0,999999
3000	0,763164	0,999898	15	1
3200	0,749536	0,999898	16	1
3400	0,736151	0,999898	17	1
3600	0,723006	0,999898	18	1
3800	0,710095	0,999898	19	1
4000	0,697414	0,999898	20	1
4200	0,68496	0,999898	21	1
4400	0,672728	0,999898	22	1
4600	0,660715	0,999898	23	1
4800	0,648917	0,999898	24	1
5000	0,637329	0,999898	25	1

❖ PIC 1006 & SIC 1006

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
0	1	0,99997146	0	0
500	0,985831	0,99997146	1	0,632121

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
1000	0,971863	0,99997146	2	0,864665
1500	0,958093	0,99997146	3	0,950213
2000	0,944519	0,99997146	4	0,981684
2500	0,931136	0,99997146	5	0,993262
3000	0,917943	0,99997146	6	0,997521
3500	0,904937	0,99997146	7	0,999088
4000	0,892115	0,99997146	8	0,999665
5000	0,867014	0,99997146	10	0,999955
5500	0,85473	0,99997146	11	0,999983
6000	0,842619	0,99997146	12	0,999994
6500	0,830681	0,99997146	13	0,999998
7000	0,818911	0,99997146	14	0,999999
7500	0,807308	0,99997146	15	1
8000	0,79587	0,99997146	16	1
8500	0,784593	0,99997146	17	1
9000	0,773476	0,99997146	18	1
9500	0,762517	0,99997146	19	1
10000	0,751714	0,99997146	20	1

❖ Governor 103-J

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
0	1	0,9999	0	0
1000	0,99581568	0,9999	1	0,632121
2000	0,98750948	0,9999	2	0,864665
3000	0,97639396	0,9999	3	0,950213
4000	0,96302379	0,9999	4	0,981684
5000	0,94776441	0,9999	5	0,993262
6000	0,93089421	0,9999	6	0,997521
7000	0,91264189	0,9999	7	0,999088
8000	0,89320386	0,9999	8	0,999665

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
9000	0,87275352	0,9999	9	0,999877
10000	0,85144674	0,9999	10	0,999955
11000	0,82942528	0,9999	11	0,999983
12000	0,80681903	0,9999	12	0,999994
13000	0,78374756	0,9999	13	0,999998
14000	0,76032125	0,9999	14	0,999999
15000	0,73664207	0,9999	15	1
16000	0,71280427	0,9999	16	1
17000	0,68889482	0,9999	17	1
18000	0,66499388	0,9999	18	1
19000	0,64117512	0,9999	19	1
20000	0,61750606	0,9999	20	1

❖ Turbin 103-JT

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
0	1	0,999746	0	0
1000	0,999686	0,999746	1	0,667258
2000	0,998441	0,999746	2	0,955706
3000	0,99602	0,999746	3	0,996756
4000	0,99227	0,999746	4	0,999854
5000	0,987079	0,999746	5	0,999996
6000	0,980363	0,999746	6	1
7000	0,972064	0,999746	7	1
8000	0,962143	0,999746	8	1
9000	0,950578	0,999746	9	1
10000	0,937367	0,999746	10	1
11000	0,922524	0,999746	11	1
12000	0,906077	0,999746	12	1
13000	0,888072	0,999746	13	1

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
14000	0,868568	0,999746	14	1
15000	0,847636	0,999746	15	1
16000	0,825363	0,999746	16	1
17000	0,801846	0,999746	17	1
18000	0,777189	0,999746	18	1
19000	0,751511	0,999746	19	1
20000	0,724935	0,999746	20	1

❖ Kompresor 103-J

t	R(t)	A(i)	t	M(t)
1000	0,935699	0,999669	1	0,70843
2000	0,887871	0,999669	5	0,99515
3000	0,84607	0,999669	10	0,999734
4000	0,808307	0,999669	15	0,999965
5000	0,773632	0,999669	20	0,999993
6000	0,741479	0,999669	25	0,999998
7000	0,711463	0,999669	30	0,999999
8000	0,683304	0,999669	35	1
9000	0,656788	0,999669	40	1
10000	0,631743	0,999669	45	1
11000	0,60803	0,999669	50	1
12000	0,585533	0,999669	55	1
13000	0,56415	0,999669	60	1
14000	0,543797	0,999669	65	1
15000	0,524398	0,999669	70	1

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C

Perhitungan Analisa Kualitatif dengan FTA

Perhitungan analisa kualitatif dengan FTA menggunakan nilai *reliability* dari masing-masing komponen. Karena logika yang ada pada FTA memakai OR, maka perhitungan menggunakan persamaan seri atau 4.1

t	R(t) PT 1006	R(t) PIC 1006	R(t) SIC 1006	R(t) speed sensor	R(t) governor	R(t) turbin	R(t) kompresor
0	1	1	1	1	1	1	1
100	0,99607	0,99715	0,99715	0,991031	0,99989	0,999998	0,990428
200	0,99216	0,99431	0,99431	0,982143	0,99967	0,999992	0,982937
400	0,98437	0,98865	0,98865	0,964604	0,99902	0,999962	0,969673
600	0,97665	0,98302	0,98302	0,947379	0,99813	0,999904	0,957639
800	0,96899	0,97743	0,97743	0,930461	0,99706	0,999813	0,946383
1000	0,96139	0,97186	0,97186	0,913845	0,99582	0,999686	0,935699
1200	0,95384	0,96633	0,96633	0,897526	0,99442	0,999522	0,92547
1400	0,94636	0,96083	0,96083	0,881499	0,99288	0,999317	0,915619
1600	0,93894	0,95536	0,95536	0,865758	0,99121	0,999069	0,906094
1800	0,93157	0,94993	0,94993	0,850297	0,98942	0,998778	0,896855
2000	0,92426	0,94452	0,94452	0,835113	0,98751	0,998441	0,887871
2200	0,91701	0,93914	0,93914	0,8202	0,98549	0,998057	0,879119
2400	0,90982	0,9338	0,9338	0,805554	0,98336	0,997623	0,870578
2600	0,90268	0,92848	0,92848	0,791168	0,98114	0,997141	0,862231
2800	0,8956	0,9232	0,9232	0,77704	0,97881	0,996607	0,854066
3000	0,88857	0,91794	0,91794	0,763164	0,97639	0,99602	0,84607
3200	0,8816	0,91272	0,91272	0,749536	0,97389	0,995381	0,838233
3400	0,87469	0,90752	0,90752	0,736151	0,97129	0,994687	0,830546
3600	0,86783	0,90236	0,90236	0,723006	0,96862	0,993938	0,823
3800	0,86102	0,89722	0,89722	0,710095	0,96586	0,993132	0,815589
4000	0,85426	0,89212	0,89212	0,697414	0,96302	0,99227	0,808307

t	R(t) PT 1006	R(t) PIC 1006	R(t) SIC 1006	R(t) speed sensor	R(t) governor	R(t) turbin	R(t) kompresor
4200	0,84756	0,88704	0,88704	0,68496	0,96011	0,99135	0,801146
4400	0,84091	0,88199	0,88199	0,672728	0,95713	0,990372	0,794103
4600	0,83432	0,87697	0,87697	0,660715	0,95408	0,989334	0,787173
4800	0,82777	0,87198	0,87198	0,648917	0,95095	0,988237	0,780351
5000	0,82128	0,86701	0,86701	0,637329	0,94776	0,987079	0,773632
5200	0,81483	0,86208	0,86208	0,625947	0,94451	0,98586	0,767014
5400	0,80844	0,85717	0,85717	0,61477	0,9412	0,984579	0,760493
5600	0,8021	0,85229	0,85229	0,603791	0,93782	0,983237	0,754065
5800	0,79581	0,84744	0,84744	0,593009	0,93439	0,981831	0,747728
6000	0,78956	0,84262	0,84262	0,58242	0,93089	0,980363	0,741479
6200	0,78337	0,83782	0,83782	0,572019	0,92735	0,978832	0,735315
6400	0,77722	0,83305	0,83305	0,561804	0,92375	0,977236	0,729234
6600	0,77113	0,82831	0,82831	0,551772	0,9201	0,975577	0,723233
6800	0,76508	0,8236	0,8236	0,541919	0,91639	0,973853	0,71731
7000	0,75908	0,81891	0,81891	0,532241	0,91264	0,972064	0,711463
7200	0,75312	0,81425	0,81425	0,522737	0,90884	0,970211	0,70569
7400	0,74721	0,80962	0,80962	0,513402	0,905	0,968292	0,69999
7600	0,74135	0,80501	0,80501	0,504234	0,90111	0,966308	0,69436
7800	0,73554	0,80043	0,80043	0,49523	0,89718	0,964258	0,688798
8000	0,72977	0,79587	0,79587	0,486386	0,8932	0,962143	0,683304
8200	0,72404	0,79134	0,79134	0,477701	0,88919	0,959962	0,677875
8400	0,71836	0,78684	0,78684	0,46917	0,88514	0,957715	0,672511
8600	0,71273	0,78236	0,78236	0,460792	0,88104	0,955402	0,667209
8760	0,70825	0,77879	0,77879	0,454197	0,87775	0,953504	0,663011

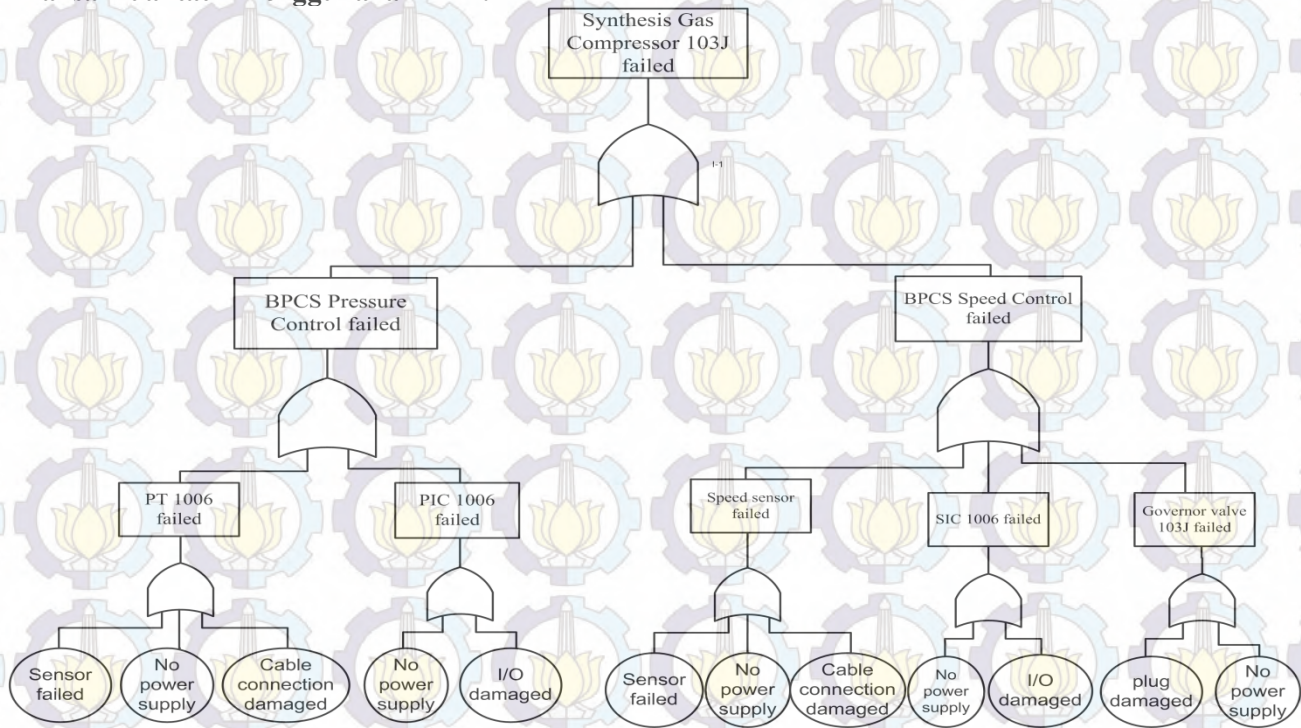
Dari tabel *reliability* di atas, dapat dihitung *reliability synthesis gas compressor* dengan menggunakan logika OR yang mana adalah seri.

t (jam)	$R_{PT\ 1006} * R_{PIC\ 1006}$ (a)	$R_{speed\ sensor\ 1006} * R_{SIC\ 1006}$ $* R_{governor}$ (b)	a*b (m)	$m * R_{turbin} * R_{kompresor}$ $R(t)_{Syn\ Gas\ Compressor}$
0	1	1	1	1
100	0,993231113	0,988098659	0,981410331	0,972015199
200	0,986508043	0,976232481	0,963061195	0,946621388
400	0,97319812	0,952718333	0,927183691	0,899031128
600	0,960067773	0,929556659	0,892437392	0,854550879
800	0,94711458	0,906783137	0,85882753	0,812627579
1000	0,934336152	0,884416562	0,826342367	0,772965071
1200	0,921730129	0,862467649	0,794962418	0,735361724
1400	0,909294186	0,840942392	0,764664028	0,699662747
1600	0,897026029	0,819843709	0,735421146	0,665740815
1800	0,884923392	0,799172377	0,707206331	0,63348661
2000	0,872984044	0,7789276	0,679991366	0,602803608
2200	0,861205782	0,759107397	0,653747679	0,57360494
2400	0,849586431	0,739708867	0,628446616	0,545811365
2600	0,838123848	0,720728384	0,604059646	0,519349895
2800	0,826815917	0,702161742	0,580558504	0,494152809
3000	0,815660553	0,684004267	0,557915299	0,470156929
3200	0,804655696	0,66625091	0,53610259	0,447303066
3400	0,793799316	0,648896313	0,51509345	0,425535579
3600	0,78308941	0,63193487	0,494861505	0,404802025
3800	0,772524002	0,615360773	0,475380967	0,385052872
4000	0,762101142	0,599168055	0,456626659	0,366241253
4200	0,751818906	0,583350621	0,438574026	0,34832276
4400	0,741675398	0,567902278	0,421199149	0,331255266
4600	0,731668746	0,552816759	0,404478745	0,314998769
4800	0,721797103	0,538087744	0,388390175	0,29951525
5000	0,712058648	0,523708879	0,372911437	0,284768555
5200	0,702451584	0,509673792	0,358021162	0,270724279

t (jam)	$R_{PT\ 1006} * R_{PIC\ 1006}$ (a)	$R_{speed\ sensor\ 1006} * R_{SIC\ governor}$ (b)	a*b (m)	$m * R_{turbin} * R_{kompresor}$ <i>R(t) Syn Gas Compressor</i>
5400	0,692974138	0,495976104	0,343698613	0,257349666
5600	0,683624561	0,482609447	0,329923671	0,244613518
5800	0,674401128	0,469567469	0,316676831	0,232486109
6000	0,665302137	0,456843845	0,303939186	0,220939107
6200	0,65632591	0,444432287	0,291692425	0,209945502
6400	0,647470789	0,43232655	0,279918812	0,199479539
6600	0,638735141	0,420520437	0,268601181	0,189516653
6800	0,630117354	0,409007807	0,257722917	0,180033413
7000	0,621615839	0,397782578	0,247267951	0,171007466
7200	0,613229025	0,386838733	0,237220739	0,162417484
7400	0,604955365	0,376170323	0,227566255	0,154243116
7600	0,596793334	0,365771469	0,218289974	0,14646494
7800	0,588741424	0,355636367	0,209377861	0,139064426
8000	0,58079815	0,34575929	0,200816356	0,132023885
8200	0,572962047	0,336134589	0,192592362	0,125326437
8400	0,565231668	0,326756695	0,184693232	0,118955972
8600	0,557605587	0,317620122	0,177106755	0,112897115
8760	0,55157887	0,310480982	0,171254749	0,108264503

LAMPIRAN D

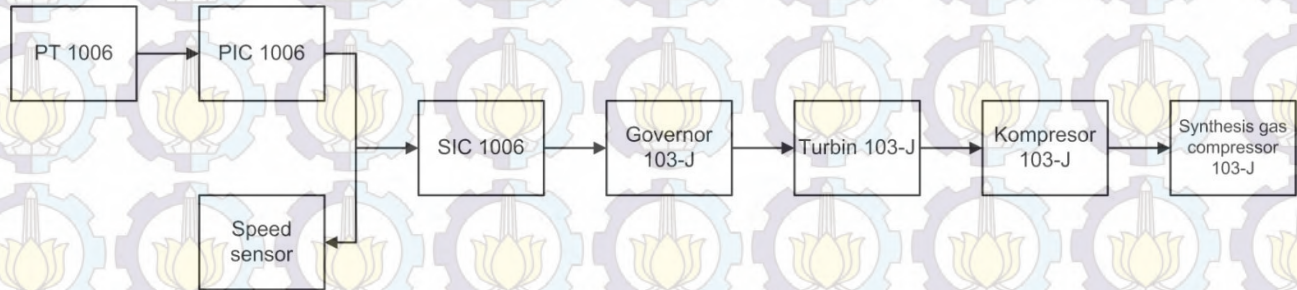
Analisa Kualitatif Menggunakan FTA.



LAMPIRAN E

Konfigurasi RBD *Synthesis Gas Compressor*

- ❖ Metode *Reliability Block Diagram* untuk menghitung *reliability* sistem *synthesis gas compressor* 103-J



Gambar RBD *synthesis gas compressor* 103-J



Penulis dilahirkan di kota Gresik pada tanggal 21 Mei tahun 1994. Merupakan anak ke-3 atau terakhir dari 3 bersaudara. Dalam riwayat pendidikannya, penulis telah menamatkan pendidikan formal dari SDN Sidokumpul II Gresik, SMPN 1 Gresik, SMAN 1 Gresik dan menempuh perkuliahan di jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya. Saat masa studi, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik

Fisika bagian staff departemen internal dan menjadi asisten laboratorium di Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika ITS. Dalam tugas akhirnya, penulis mengambil bidang minat instrumentasi dan kontrol dengan tema *reliability* dan *safety integrity level* (SIL) pada sistem *synthesis gas compressor* di PT Petrokimia Gresik.

Penulis memiliki hobi menari, menonton film, berenang, *travelling* dan berorganisasi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail **angelaindirarosi@gmail.com**